

Aus der Klinik für Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie  
Direktor: Prof. Dr. med. Detlef K. Bartsch  
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg  
in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH,  
Standort Marburg

---



# **Müdigkeit nach Bereitschaftsdienst – subjektive Wahrnehmung oder objektives Faktum?**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin

dem Fachbereich Medizin der  
Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Eva Anna Kupietz  
aus Breslau

Marburg, 2015

Angenommen vom Fachbereich Medizin

der Philipps-Universität Marburg

am: 02.07.2015

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Herr Prof. Dr. med. Helmut Schäfer

Referent: Frau Prof. Dr. med. Katja Schlosser

1. Korreferent: Herr Prof. Dr. med. Norbert Donner-Banzhoff

2. Korreferent: Herr Prof. Dr. med. Thorsten Steinfeldt

Meinen Eltern in Liebe gewidmet.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
1.1 Arbeitszeitgesetz und Arbeitssituation der Ärzte.....	7
1.2 Europäisches Arbeitszeitgesetz .....	8
1.2.1 Vor- und Nachteile des Arbeitszeitgesetzes .....	9
1.3 Datenlage .....	15
<b>2 FRAGESTELLUNG UND ZIEL DER ARBEIT .....</b>	<b>19</b>
2.1 Ziel .....	19
2.2 Hypothese .....	19
<b>3 PROBANDEN, MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>20</b>
3.1 Material .....	20
3.1.1 Geräte / Instrumentarium .....	20
3.1.2 Verbrauchsmaterialien .....	21
3.2 Probanden .....	22
3.2.1 Einschlusskriterien.....	24
3.2.2 Ausschlusskriterien.....	24
3.2.3 Ethikkommission .....	25
3.3 Studiendesign .....	26
3.3.1 Messung der technischen Leistung.....	26
3.3.1.1 Laparoskopische Fähigkeiten – VR-Simulator (LapSim®) .....	27
3.3.2 Messung der objektiven Aufmerksamkeit .....	33
3.3.2.1 D2-Durchstreichtest .....	33
3.3.3 Messung der subjektiven Schläfrigkeit.....	35
3.3.3.1 Stanford Sleepiness Scale (SSS).....	35
3.3.4 Messung der physiologischen/biochemischen Veränderungen .....	37
3.3.4.1 Cortisol.....	37
3.3.4.2 Cortisol-ELISA .....	38
3.3.4.3 Pupillographischer Schläfrigkeitstest – Pupillographie (PST) .....	39
3.3.4.4 Pupillograph.....	40
3.3.5 Fragebogen .....	43
3.4 Studienverlauf.....	45
3.4.1 Vor einem 24-Stunden Dienst (Messzeitpunkt T1) .....	45
3.4.2 Nach einem 24-Stunden Dienst (Messzeitpunkt T2).....	45
3.4.3 Nach einer mindestens 12-stündigen Erholungszeit (Messzeitpunkt T3) .....	45
3.5 Zielkriterien .....	47
3.6 Subgruppenanalyse .....	47

<b>3.7 Statistik .....</b>	<b>48</b>
3.7.1 Bildliche Darstellung .....	50
3.7.2 Hypothesengenerierung .....	51
<b>4 ERGEBNISSE .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1 Demographie .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2 Schlafdauer und subjektive Schläfrigkeit .....</b>	<b>54</b>
4.2.1 Gruppenanalyse .....	54
4.2.1.1 Schlafdauer .....	54
4.2.1.2 Subjektive Schläfrigkeit (Stanford Sleepiness Scale (SSS)) .....	56
4.2.2 Subgruppenanalyse .....	58
4.2.2.1 Schlafdauer .....	58
4.2.2.2 Subjektive Schläfrigkeit - Stanford Sleepiness Scale (SSS).....	59
<b>4.3 Fragebogen .....</b>	<b>61</b>
4.3.1 Gruppenanalyse .....	61
4.3.2 Subgruppenanalyse .....	63
<b>4.4 Physiologische/biochemische Veränderungen .....</b>	<b>66</b>
4.4.1 Cortisolkonzentration im Speichel .....	66
4.4.1.1 Gruppenanalyse .....	66
4.4.1.2 Subgruppenanalyse .....	67
4.4.2 Pupillographischer Schläfrigkeitstest (PUI) .....	70
4.4.2.1 Gruppenanalyse .....	70
4.4.2.2 Subgruppenanalyse .....	71
<b>4.5 Objektive Aufmerksamkeit .....</b>	<b>74</b>
4.5.1 D2-Durchstreichtest .....	74
4.5.1.1 Gruppenanalyse .....	74
4.5.1.2 Subgruppenanalyse .....	76
<b>4.6 Technische Fähigkeiten - laparoskopische Leistung (LapSim®).....</b>	<b>78</b>
4.6.1 Technische Leistung der „low-fidelity“-Aufgaben („cutting“ und „clip applying“) .....	78
4.6.1.1 Gruppenanalyse .....	78
4.6.1.2 Subgruppenanalyse .....	83
4.6.2 Kognitive Leistungen ermittelt anhand der „high-fidelity“-Aufgaben („intracorporal suturing“ und „VR- cholecystectomy“) .....	90
4.6.2.1 Gruppenanalyse .....	90
4.6.2.2 Subgruppenanalyse .....	94
<b>5 DISKUSSION .....</b>	<b>100</b>
<b>5.1 Methodenkritik im Kontext der Weltliteratur .....</b>	<b>100</b>
5.1.1 Schlafdauer und Subjektive Schläfrigkeit (SSS) .....	100
5.1.2 Cortisolkonzentration im Speichel .....	101
5.1.3 Pupillographie.....	104
5.1.4 D2-Durchstreichtest .....	105

5.1.5 VR-Simulator LapSim® .....	108
<b>5.2 Schlussfolgerung .....</b>	<b>110</b>
<b>5.3 Resümee .....</b>	<b>111</b>
<b>5.4 Ausblick in die Zukunft .....</b>	<b>112</b>
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>113</b>
6.1 Zusammenfassung .....	113
6.2 Summary .....	115
<b>7 VERZEICHNISSE .....</b>	<b>117</b>
7.1 Literaturverzeichnis .....	117
7.2 Abbildungsverzeichnis .....	128
7.3 Tabellenverzeichnis .....	130
7.4 Abkürzungsverzeichnis .....	131
<b>8 ANHANG .....</b>	<b>132</b>
8.1 Teilnehmeraufklärung und Teilnehmerzustimmung.....	132
8.2 D2-Durchstreichtest.....	135
8.3 D2-Durchstreichtest: Auswertungsschablone 1 .....	136
8.4 D2-Durchstreichtest: Auswertungsschablone 2.....	137
8.5 Verzeichnis der akademischen Lehrer .....	138
8.6 Lebenslauf .....	139
8.7 Danksagung.....	140
8.8 Ehrenwörtliche Erklärung.....	141

# 1 Einleitung

## 1.1 Arbeitszeitgesetz und Arbeitssituation der Ärzte

Die Arbeitssituation der Ärzte ist ein wesentlicher Bestandteil kontroverser Diskussionen. Ausgelöst werden diese durch eine zumeist hohe Arbeitsbelastung mit sehr langen Dienstzeiten und daraus resultierender Müdigkeit, die mit einem erhöhten Risiko für das Auftreten medizinischer Fehler assoziiert sein könnte.

In den USA war bis 2003 eine Arbeitszeit von 120 Stunden pro Woche die Regel. Dienste wurden regelmäßig mit bis zu 36 Stunden kontinuierlicher Arbeit ohne garantierte Ruhepausen geleistet. Es herrschte die Meinung vor, dass ein Arzt unabhängig von Arbeitszeiten und persönlichen Bedürfnissen jederzeit für seine Patienten da zu sein hätte (Lowenstein 2003). Längere Arbeitszeiten wurden sogar als Engagement hoch geachtet und gern gesehen (Gaba und Howard 2002). 1984 starb die 18-jährige Libby Zion in Folge ärztlichen Fehlverhaltens, welches auf Schlafmangel, Überarbeitung und unzureichende Supervision des zuständigen Arztes zurückgeführt wurde. Dieser Fall initiierte eine grundlegende Neubewertung der ärztlichen Dienst- und Arbeitsbelastung (Steinbrook 2002, Asch und Parker 1988). Es wurden die „Bell Regulationen“ im Bundesstaat New York eingeführt, die eine Arbeitszeitlimitierung auf 80 Stunden pro Woche mit einem Maximum von 24 Stunden kontinuierlicher Arbeit beinhalteten (Lowenstein 2003, Accreditation Council of Graduate Medical Education 2002a [Online], ACGME 2003 [Online]). Weiterhin wurde eine Pause von mindestens acht Stunden zwischen zwei aufeinanderfolgenden Diensten und mindestens ein freier Tag in der Woche gefordert sowie eine rund um die Uhr gewährleistete Supervision durch einen erfahrenen Arzt (Steinbrook 2002, New York State Department of Health 1998 [Online]). Durch diese Neuregulationen kam es zu Diskussionen die die Initiierung von zahlreichen Untersuchungen zur Auswirkung von Schlafmangel auf die ärztliche Tätigkeit zur Folge hatten. Die Forschungsergebnisse waren beunruhigend und führten letztendlich dazu, dass das Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME) gegründet wurde, welches die Aufrechterhaltung von hochqualitativen Ausbildungsstandards in der Medizin sowie die Sicherung der Qualität in der Patientenversorgung zur Aufgabe hat (Accreditation Council of Graduate Medical Education 2002a [Online], 2002b [Online]).

Im Juli 2003 wurde in den USA ein nationales Gesetz zur Arbeitszeitlimitierung erlassen. Dieses ist bis heute gültig und limitiert die wöchentliche Arbeitszeit auf, über vier Wochen gemittelt, durchschnittlich 80 Stunden pro Woche.

Ein Dienst darf seither an allen Lehrkrankenhäusern in den USA höchstens alle drei Tage erfolgen und 24 Stunden, in Ausnahmen plus sechs Stunden, nicht überschreiten. Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Diensten ist eine Pause von mindestens zehn Stunden einzuhalten. Wöchentlich muss ein Tag frei von jedweder Verantwortlichkeit für die Patientenversorgung sein (Accreditation Council of Graduate Medical Education 2002a [Online], ACGME 2003 [Online]). Die Einhaltung dieser Arbeitszeitregularien wird regelmäßig überprüft. Bei nachgewiesenen Verstößen gegen dieses Gesetz droht den jeweiligen Kliniken eine Geldstrafe bis hin zum Verlust der notwendigen Akkreditierung und ein Entzug der Erlaubnis des Ausbildungsprogrammes des jeweiligen Krankenhauses (Jacob 2003 [Online]).

## **1.2 Europäisches Arbeitszeitgesetz**

Seit dem 1. August 2004 gilt auch in Europa ein Gesetz zur Limitierung der täglichen Arbeitszeit von Ärzten. Dieses beinhaltet eine Begrenzung der Arbeitszeit auf 58 Stunden pro Woche. Am Beispiel von Großbritannien bedeutet das eine Reduktion der Arbeitszeit um 19% (Pickersgill 2001). Weitere Einschränkungen, wie eine Schichtlimitierung auf 13 Stunden mit einer erforderlichen Pause von mindestens elf Stunden zwischen zwei aufeinanderfolgenden Diensten, sind im Vergleich zu den gesetzlichen Vorgaben in den USA wesentlich strenger (Gander et al. 2007, United Kingdom Department of Health 2003 [Online]). Zur Begründung der im Arbeitszeitgesetz für Ärzte vorgegebenen täglichen Arbeitszeitbegrenzung werden eine Minderung des Konzentrationsvermögens mit steigender Dienstzeit, eine vermehrte Ermüdung und ein damit verbundenes erhöhtes Risiko für ärztliche Fehlentscheidungen in der Patientenversorgung angegeben (Lockley et al. 2007, Bartle et al. 1988, Papp et al. 2004, Barger et al. 2006, Robbins und Gottlieb 1990, Dinges et al. 1997). Der Bereitschaftsdienst in der Chirurgie und der damit verbundene Schlafentzug führen typischerweise zu erhöhter Tagesschläfrigkeit und konsekutiver Beeinträchtigung der psychomotorischen Fähigkeiten von Chirurgen (Kahol et al. 2008).



Für diese durch Schlafentzug entstehenden Beeinträchtigungen wurden Auswirkungen auf die Patientensicherheit und auf die persönliche Sicherheit in der Klinik und auf dem Nachhauseweg postuliert (Contardi et al. 2004, Philip et al. 2005, Ware et al. 2006, Barger et al. 2005). In Folge dieser Studien wurde das Arbeitszeitgesetz am 15.07.2009 aktualisiert. Wesentliche Änderungen betrafen eine weitere Reduktion der wöchentlichen Arbeitszeit auf im Durchschnitt 48 Stunden. Weiterhin wurden zwingend notwendige Ruhezeiten nach einem Dienst definiert, wonach ein Arzt nach einem Dienst mit über zwölf Stunden Dauer eine unmittelbar danach einzulösende Ruhephase von elf Stunden einhalten muss. Das Nicht-Einhalten der neuen Regelung wird mit Geldbußen bis zu 15.000 € oder gar einer einjährigen Freiheitsstrafe geahndet. Zudem erfolgte die vollumfängliche Anerkennung des Bereitschaftsdienstes als Arbeitszeit (European Commission 2010).

### **1.2.1 Vor- und Nachteile des Arbeitszeitgesetzes**

Zwei Studien aus den USA haben sich intensiv mit der Auswirkung der Arbeitszeitlimitierung seit der neuen Gesetzgebung auf das Eintreten von ärztlichen Fehlentscheidungen beschäftigt. Lockley et al. untersuchten 20 Ärzte in Ausbildung während zwei 3-Wochen Rotationen auf einer Intensivstation. Diese Assistenten mussten jeweils eine Rotation mit einem traditionellen Schichtdienst mit bis zu 30 Stunden am Stück durchlaufen sowie eine Rotation mit einer maximalen Dienstzeit von 16 Stunden. Die Arbeitszeit sowie auch die Schlafzeit wurden durch die Teilnehmer selber täglich protokolliert. Unabhängig davon protokollierten die Studienleiter die Arbeitszeit eines jeden Teilnehmers durch eigene Beobachtung. Somit konnten die Angaben validiert werden und ein Vergleich zwischen den beiden Schichtsystemen erfolgen. Schlafepisoden - auch während der Arbeitszeit, unabhängig von der Tageszeit sowie zu Hause - wurden anhand einer kontinuierlichen ambulanten Polysomnographie ermittelt, welche jeder Teilnehmer mindestens drei Tage in der Woche zu absolvieren hatte. Dabei wurden in jeweils 30 Sekunden-Intervallen Wach- bzw. Schlafphasen der Probanden ermittelt.

Diese Schlafepisoden während der polysomnographischen Aufzeichnung wurden mit den durch die Teilnehmer selbstständig protokollierten Schlafepisoden verglichen und damit nicht nur eine Korrelation zwischen den subjektiven Angaben der Teilnehmer und der tatsächlichen Schlafzeit, sondern auch die Schlafdauer in Bezug auf die Arbeitszeit (in Stunden) ermittelt.

Zusätzlich wurde eine (Aufmerksamkeits-) Fehlerquote über eine kontinuierliche Elektrookulographie erhoben. Hierbei wurden langsam-rollende Augenbewegungen erfasst, welche typischerweise bei Ermüdung auftreten und somit eine Aussage zu einer Aufmerksamkeitsminderung treffen können.

Zunächst wurden diese Episoden durch einen unverblindeten Bewerter ermittelt. Schließlich folgte eine Validierung der Resultate durch einen verblindeten Bewerter, welcher die Resultate miteinander verglich. Dabei zeigte sich, dass sich die (Aufmerksamkeits-) Fehlerquote während des Dienstes bei limitierter Arbeitszeit in der Nacht im Vergleich zu den Diensten mit unlimitierter Arbeitszeit um die Hälfte verringerte. Bei dem Schichtsystem mit unlimitierter Arbeitszeit war die (Aufmerksamkeits-) Fehlerquote im Vergleich zum limitierten Schichtmodell tagsüber sogar um das 1,5-fache gesteigert.

Ärzte arbeiteten während der limitierten Schicht im Durchschnitt 19,5 Stunden weniger und schliefen 5,8 Stunden mehr pro Woche im Vergleich zu denen mit einer Rotation mit unlimitierter Arbeitszeit (Lockley et al. 2004).

Landrigan et al. griffen diese Fragestellung ebenfalls auf. Sie beobachteten die gleichen teilnehmenden Ärzte wie Lockley et al. während der verschiedenen Schichten. Untersucht wurde diesmal der Effekt der Zeitlimitierung auf schwerwiegende medizinische Fehler auf einer Intensivstation. Unterschieden wurden ernsthafte medizinische Fehler, welche frühzeitig durch das medizinische Personal unterbunden und Fehler, die nicht rechtzeitig verhindert werden konnten. Dabei wurde zwischen Fehlern in Diagnostik, Interventionen und Medikation unterschieden. Die Datenerhebung erfolgte durch sechs Beobachter, welche die Assistenzärzte zu jeder Tageszeit begleiteten und die Fehler durch direkte Beobachtung erfassten sowie ggf. bei potentiell sichtbaren Fehlern frühzeitig das medizinische Personal informierten. Weiterhin wurde die Pflegedokumentation analysiert und freiwillige Meldungen von Fehlern durch das medizinische Personal berücksichtigt. Zum Schluss wurden die Fehler durch zwei unabhängige und verblindete ärztliche Prüfer ausgewertet.

Dabei wurde jedes Ereignis bezüglich seines Schweregrades kategorisiert und die Vermeidbarkeit der Fehler anhand einer Likert Skala berechnet. Es zeigte sich eine signifikante Erhöhung schwerwiegender medizinischer Fehler um 35,9% bei den Ärzten mit unlimitierter Arbeitszeit im Vergleich zu denen mit einer Arbeitszeitlimitation. Von diesen Fehlern hatten 56,6% nicht frühzeitig verhindert werden können. Die Totalrate der ernsthaften medizinischen Fehler war um 22% höher bei unlimitierter Arbeitszeit im Vergleich zu denen bei limitierter Arbeitszeit. Fehler in der Medikation traten bei unlimitierter Arbeitszeit um 20,8% häufiger auf und diagnostische Fehler (Anamneseerhebung, körperliche Untersuchung, Verordnung oder Interpretation diagnostischer Untersuchungen) waren 5,6 Mal häufiger im Vergleich zu limitierter Arbeitszeit (Landrigan et al. 2004).

Der positive Effekt einer Arbeitszeitlimitierung konnte durch diese Studien bestätigt werden. Zu bemängeln war die mit 20 Teilnehmern bei beiden Studien geringe Fallzahl. Bezüglich der Berechnung der (Aufmerksamkeits-) Fehlerquote in der Studie von Lockley et al. ist ein Zusammenhang mit möglichem Schlafmangel schwierig zu stellen, da das genaue Einhalten des Protokolls und die Berücksichtigung des Konsums von aufputschenden Mitteln, wie Koffein nicht stattfand. Ebenfalls wurden individuelle Unterschiede im Schlafbedarf nicht berücksichtigt, die evtl. einen Einfluss auf die Fehlerquote hätten haben können. In der Studie von Landrigan et al. gab es ebenso einige mögliche Einflussgrößen, die evtl. zu systematischen Fehlern bei der Analyse geführt haben könnten. So machten die Teilnehmer trotz des fixen Schichtsystems und der Arbeitszeitlimitierung Überstunden, welche nicht in die Analyse der Studienergebnisse miteinbezogen wurden. Diese Überstunden könnten einen Einfluss auf die (Aufmerksamkeits-) Fehlerquote und die ernsthaften medizinischen Fehler gehabt haben. Ein weiterer Kritikpunkt gilt den Beobachtern der Teilnehmer. Diese waren bezüglich des Schichtsystems nicht verblindet und hätten möglicherweise die Ergebnisse zugunsten zu häufig erfasster Fehler während der unlimitierten Arbeitszeit manipulieren können.

Zwar wurde versucht dem entgegenzuwirken, indem die beobachteten Fehler anschließend, wie oben beschrieben, durch zwei verblindete unabhängige medizinische Prüfer kategorisiert wurden, jedoch waren auch diese von der Dokumentation der ersten Beobachter abhängig. Aufgrund der limitierten Anzahl von Beobachtern konnte in den Morgen- und Nachmittagsstunden, wenn mehrere Assistenzärzte simultan arbeiteten, jeweils nur ein Assistenzarzt kontinuierlich beobachtet werden.

Somit sind evtl. erfolgte Fehler, die durch nicht beobachtete Ärzte entstanden sind, möglicherweise nicht erfasst worden. Da die Studien aufgrund der Komplexität nur in einem Krankenhaus und dabei nur in einem einzigen medizinischen Bereich (Intensivstation) durchgeführt werden konnten, ist eine Verallgemeinerung der Ergebnisse, bzw. eine Übertragung auf den gesamten medizinischen Bereich, nicht möglich.

Beide Studien untersuchten zudem die Arbeitszeit und Fehlerkultur von Assistenzärzten in ihrem ersten Jahr der Ausbildung. Diese sind besonders anfällig für Fehler und Schlafmangel, da sie noch nicht genügend Bewältigungsstrategien gegen einen Schlafentzug oder Stress aufbauen konnten, nur über einen geringen Erfahrungsschatz verfügen und häufig die längsten Arbeitszeiten zu bewältigen haben.

Dennoch sind medizinische Fehler meist nicht allein durch einen Arzt verursacht, sondern im Gesamtzusammenhang des medizinischen Personals zu sehen. Da in beiden Studien keine Beobachtung des gesamten medizinischen Personals möglich war, ist auch hier von einer möglichen, jedoch nicht berücksichtigten Beeinflussung der Studienergebnisse auszugehen.

Argumente gegen eine Arbeitszeitlimitierung lassen sich sowohl im klinischen Alltag als auch im privaten Bereich außerhalb der Klinik finden, sodass es Gegner des Arbeitszeitgesetzes selbst unter den Ärzten gibt. Vor allem Chirurgen in Ausbildung fühlen sich ihrer operativen Erfahrung beraubt. Sie glauben in einer verkürzten Arbeitszeit weniger spannende und wichtige Fälle sehen und behandeln zu können (Steinbrook 2002). Woodrow et al., die den Einfluss von Schlafmangel auf Chirurgen im Vergleich zu anderen Ärzten untersuchten, konnten zeigen, dass Chirurgen pathologische Werte im ESS Score (Epworth Sleepiness Scale) aufwiesen und länger arbeiteten als andere Ärzte. Chirurgen verneinten jedoch eher den negativen Einfluss eines Schlafmangels auf (motorische) Leistungen (Woodrow et al. 2008).

Durch die verkürzte Arbeitszeit wird eine Reduktion der Gehälter befürchtet. Zudem wird vor allem durch die strenge Arbeitszeitgesetzregelung in Europa sowohl durch Assistenzärzte als auch erfahreneres Personal kritisiert, dass es einem Arzt nun nicht möglich sei, einen Nebenberuf auszuüben (Gaba und Howard 2002). Dieser Nebenberuf sei jedoch vor allem für Assistenzärzte von großer Bedeutung, die zur Tilgung ihrer Ausbildungsschulden auf eine zusätzliche finanzielle Quelle angewiesen seien (Gaba und Howard 2002).

Hinsichtlich der Patientensicherheit wird von den Gegnern der Arbeitszeitlimitierung, wie z.B. Dr. Lazar J. Greenfield, Vorsitzender der „Residency Review Committee for Surgery“ der Universität von Michigan, sowie auch Dr. Thomas Russell, geschäftsführender Direktor des „American College of Surgeons“, die Behandlung durch ausgeschlafene Ärzte als vorteilhaft bewertet.

Allerdings wird durch häufigere Übergaben zwischen unterschiedlichen Behandlern auch ein Kontinuitätsverlust in der Patientenversorgung und vermehrte Fehler durch Informationsverlust befürchtet (Steinbrook 2002). Solche Fehler seien evtl. durch das Einstellen von mehr Ärzten und der Ausweitung von Informationssystemen, die für jeden zuständigen Arzt zugänglich sein müssen, vermeidbar (Gaba und Howard 2002, Lowenstein 2003, Shine 2002).

Die aktuelle Realität nach Einführung und Revidierung des Arbeitszeitgesetzes stellt sich in Europa wie folgt dar: 2010 erklärte die Kommission für das Europäische Arbeitszeitgesetz, dass es quer durch Europa große Abweichungen in der durchschnittlichen jährlichen Arbeitszeit gebe. Es gebe keine Anzeichen für einen einheitlichen Trend und es sei auch sehr unwahrscheinlich, dass dieses Bild sich in der näheren Zukunft verändern würde. In der Mehrheit der Mitgliedsstaaten sei eine wöchentliche Arbeitszeit von 40 Stunden pro Woche vorherrschend. Nur in wenigen Ländern wurden spezifische Profile für die Ausweitung der wöchentlichen Arbeitszeit entwickelt (vor allem in Großbritannien, Irland, Deutschland und Skandinavien). Neun Prozent der Arbeitnehmer (v.a. Männer) arbeiteten weiterhin mehr als durchschnittlich 48 Stunden pro Woche (European Commission 2010). Zusammenfassend wird von den Ärzten in vielen europäischen Ländern nach wie vor eine Bereitschaft zu langen Arbeitszeiten und häufigen Nachtdiensten erwartet.

Dabei unterscheidet sich die Arbeitsbelastung zwischen den einzelnen Disziplinen deutlich, wobei im Besonderen chirurgische Fächer als anstrengend und belastend gelten (Woodrow et al. 2008). Woodrow et al. befragten in der Chirurgie tätige Ärzte sowie solche die in nicht-chirurgischen Fachgebieten arbeiten (Innere Medizin und Psychiatrie) bezüglich ihres Arbeits- und Schlafverhaltens (Arbeitszeit, Schläfrigkeit, Schlafdauer). Die Schläfrigkeit wurde anhand des ESS Scores ermittelt, während der Einfluss des Schlafdefizits auf die klinischen Fähigkeiten anhand einer Likert Skala, in der die Teilnehmer die für sie am ehesten zutreffende Aussage auswählen mussten, erfasst wurde.

Dabei zeigte sich, dass die in der Chirurgie tätigen Ärzte, im Vergleich zu ihren nicht-chirurgischen Kollegen, signifikant längere Arbeitszeiten angaben (83.0 vs. 62.5 Stunden pro Woche) sowie subjektiv deutlich schläfriger waren. Interessanterweise behaupteten die Chirurgen, im Gegensatz zu Ärzten anderer Fachgebiete, dass das Schlafdefizit nur wenig negativen Einfluss auf ihre Leistungsfähigkeit habe. Hingegen zeigte sich kein Unterschied in der angegebenen Schlafdauer, welche zur „guten Funktionsfähigkeit“ benötigt werde.

Pettitt befragte Medizinstudenten im dritten Jahr ihres Studiums mit Hilfe eines Fragebogens bezüglich ihrer Interessen und Sorgen im Hinblick auf ihr späteres Berufsleben. Dabei zeigten die Studenten sehr großes Interesse an einer chirurgischen Tätigkeit und an einer möglichen chirurgischen Karriere. Im Hinblick auf ihre weitere Laufbahn befürchteten sie jedoch eine von ihnen mit einem chirurgischen Fachgebiet assoziierte erhöhte Arbeitsbelastung und damit verbundene Konsequenzen, wie Müdigkeit, Auswirkungen von Überlastung auf die chirurgische Leistung und das Privatleben (Pettitt 2005). Dies wiederum kann als Erklärungsmodell für die in der Chirurgie vorherrschende Nachwuchsproblematik herangezogen werden. Es zeigte sich, dass Chirurgen sich als eine selbsterwählte Gruppe verstehen, welche andere hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit noch übertreffen können, auch wenn sie unter Schlafdefizit leiden. Es herrscht eine chirurgische Kultur vor, welche entsprechende Erwartungen an die nachfolgenden Generationen weitergibt, da diese Gruppe selber weniger dazu bereit ist natürliche Grenzen der menschlichen Leistungsfähigkeit zu akzeptieren. Hierauf baut auch der mehrheitlich vorhandene Widerstand gegenüber Arbeitszeitlimitierungen auf (Woodrow et al. 2008).

### 1.3 Datenlage

Ziel dieser Studie war es, zu überprüfen, ob die zu erwartende Minderung der Vigilanz und Aufmerksamkeit von Chirurgen mit einer Verschlechterung von objektivierbaren virtuellen laparoskopischen Fertigkeiten einhergeht.

Mehrere Studien wurden veröffentlicht, die den Einfluss eines Schlafdefizites auf die chirurgischen technischen wie kognitiven Fertigkeiten untersuchten.

In einigen Studien konnte eine negative Beeinflussung der Fertigkeiten durch ein Schlafdefizit nachgewiesen werden (Kahol et al. 2008, Leff et al. 2008, Grantcharov et al. 2001, Taffinder et al. 1998, Gerdes et al. 2008), in anderen wiederum nicht (DeMaria et al. 2005, Uchal et al. 2005, Jensen et al. 2004).

In vielen Studien (wie z.B. Eastridge et al. 2003, Taffinder et al. 1998, Jensen et al. 2004, Kahol et al. 2008, Uchal et al. 2005, Leff et al. 2008, Grantcharov et al. 2001, DeMaria et al. 2005) wurden Simulator-unterstützte Methoden angewendet, um mit Müdigkeit assoziierte Effekte auf die chirurgische Leistung zu messen. Vergangene Untersuchungen, wie die nachfolgend genannten, spiegelten die Komplexität dieser Thematik wider. Eastridge und Koarbeiter konnten zeigen, dass der Einfluss von akutem partiellem Schlafmangel von den angewendeten Virtual Reality (VR)-Aufgaben, der Erfahrung mit VR-Simulatoren und dem chirurgischen Ausbildungsstand abhängig ist. Übermüdung nach Dienst führte zu vermehrten technischen Fehlern und einer prolongierten Durchführungszeit von VR-Situationen (Eastridge et al. 2003). Dafür ließen sie 35 Chirurgen verschiedener Ausbildungsstufen Aufgaben am MIST-VR (minimally invasive surgical trainer - virtual reality) durchführen sowie einen Fragebogen bezüglich Schlafdauer, Schlafqualität (bezogen auf Unterbrechungen des Schlafes während des Nachtdienstes), Arbeitszeit in den vorherigen sieben Tagen und zur subjektiven Schläfrigkeit (gemessen anhand einer Skala von 1-10), ausfüllen. Die Probanden wurden zum Zeitpunkt vor einem Nachtdienst, während eines Nachtdienstes und nach einem Nachtdienst getestet, wobei jeder Proband als seine eigene Kontrolle diente. Der Einfluss eines möglichen Lerneffektes wurde durch eine zufällige und variable Anordnung der Aufgaben minimiert. Der Einfluss von möglichen aufputschenden Mitteln, wie Koffein, wurde nicht berücksichtigt.

Bestätigt wurden die Ergebnisse durch Studien, in denen akuter partieller Schlafmangel mit geringerer Genauigkeit und einer verlängerten Durchführungszeit von Aufgaben assoziiert war (Grantcharov et al. 2001, Taffinder et al. 1998). Grantcharov et al. verwendeten für ihre Untersuchung, wie schon Eastridge et al., den MIST-VR. Sie untersuchten 14 Chirurgen verschiedenen Alters und Ausbildungsstandes nach einem Bereitschaftsdienst. Voraussetzung war, dass der Schlaf während des Dienstes drei Stunden nicht überschritt. Dabei traten nach dem Nachtdienst sowohl mehr Fehler auf als auch unnötige Bewegungsabläufe. Signifikante Defizite in der psychomotorischen Leistung traten nach 17 Stunden Dienstzeit mit unterbrochenem Schlaf auf. Alle Teilnehmer verfügten über limitierte Erfahrungen in der laparoskopischen Chirurgie. Um die Teilnehmer trotz unterschiedlichen Ausbildungsgrades auf den gleichen Stand bezüglich der MIST-VR Aufgaben zu bringen, wurde vor dem Studieneinschluss ein Training aller Probanden an einem Simulator durchgeführt (Grantcharov et al. 2001). Ebenfalls unter Benutzung des MIST-VR und dem sogenannten ICSAD (Imperial College Surgical Assessment Device), einem Instrument zur objektiven Messung der technischen Leistung, konnten Taffinder et al. zeigen, dass Chirurgen ohne Schlaf 20% mehr Fehler machten und 14% länger für die Durchführung vorgegebener Aufgaben benötigten als ausgeschlafene Chirurgen. Das mit nur sechs Teilnehmern geringe Studienkollektiv war hierdurch für das Gesamtkollektiv chirurgisch tätiger Ärzte nur wenig repräsentativ (Taffinder et al. 1998). Kahol und Mitarbeiter konnten unter Schlafdefizit eine Beeinträchtigung von komplexen VR-Aufgaben feststellen, wohingegen die Leistung bei Durchführung von Basisaufgaben am VR-Simulator unbeeinflusst blieb. Dabei zeichneten sich die Basisaufgaben dadurch aus, dass diese lediglich psychomotorische Fähigkeiten testeten, wohingegen zur Lösung der komplexen VR-Aufgaben sowohl die psychomotorischen als auch die kognitiven Fähigkeiten von Bedeutung waren. 37 Chirurgen nahmen an der Studie teil und mussten sowohl vor ihrem Nachtdienst als auch danach Aufgaben an einem VR-Simulator durchführen (Kahol et al. 2008). In einer anderen Studie konnte ebenfalls eine negative Beeinflussung der kognitiven Fähigkeiten nach Nachtdiensten nachgewiesen werden (Gerdes et al. 2008).



Andere Studien konnten wiederum keine Beeinträchtigung laparoskopischer VR-Leistung von Ärzten nach Nachtdiensten nachweisen (DeMaria et al. 2005, Uchal et al. 2005, Lehmann et al. 2010). DeMaria und Mitarbeiter untersuchten 17 Chirurgen am MIST-VR bezüglich ihrer laparoskopischen Fähigkeiten unter Schlafdefizit und im ausgeschlafenen Zustand. Dabei zeigte sich keine Verschlechterung der motorischen Leistung. Im Gegenteil, die Bewegungsökonomie und die Durchführungszeit waren nach einem Nachtdienst mit wenig oder gar keinem Schlaf sogar besser als im ausgeruhten Zustand, auch wurden weniger Fehler begangen. Somit schien die motorische Leistung durch Schlafdefizit weniger beeinflusst worden zu sein als die kognitiven Fähigkeiten und das subjektive Empfinden. Es wurde sogar postuliert, dass ein Lernen von laparoskopischen Fähigkeiten auch unter dem Einfluss von Schlafdefizit möglich sei (DeMaria et al. 2005).

Uchal et al. schlossen 64 Chirurgen sowie 64 Krankenschwestern (welche als Kontrollgruppe dienten) in ihre Studie ein. Diese wurden nach einem normalen Arbeitstag (8 Uhr-16 Uhr) um ca. 16-17 Uhr sowie nach einem Nachtdienst (24-stündig von 8 Uhr-8 Uhr) um ca. 8-9 Uhr am Morgen mittels eines laparoskopischen Simulators (MIST-VR) auf die Produktqualität und die Maßnahmeneffektivität bei der Vernähung eines perforierten Ulcus getestet. Dabei wurde die Produktqualität durch Analyse des Gewebeschadens, der Genauigkeit und der Undichtigkeit der durchgeführten Naht beurteilt. Die Maßnahmeneffektivität setzte sich aus zielgerichteten und nicht zielgerichteten Handlungen sowie der Durchführungszeit zusammen. Der durchschnittliche Schlaf belief sich nach einem normalen Arbeitstag auf ca. 6.5 Stunden, während der Schlaf im Nachtdienst mit 1.5 Stunden deutlich reduziert war. Was die Produktqualität und die Maßnahmeneffektivität anbetrifft, konnte kein Unterschied festgestellt werden, unabhängig von der Schlafdauer.

Kritik könnte man jedoch an der kurzen Durchführungszeit der Aufgaben, welche eine Dauer von nur acht Minuten hatten, äußern sowie auch an der Analyse der Schlafdauer, welche sich auf die Aussagen der Teilnehmer berief und nicht elektronisch festgehalten wurde. Weiterhin wurde die Aufnahme von koffeinhaltigen Getränken nicht berücksichtigt (Uchal et al. 2005).

Die Studiengruppe um Lehmann und Mitarbeiter untersuchte 17 Chirurgen und 13 Medizinstudenten, welche als Kontrollgruppe dienten, an einem Simulator während eines Nachtdienstes, nach dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf. Sie stellten vor der Studie die Hypothese auf, dass Schlafverlust die chirurgischen Fähigkeiten und die Konzentrationsleistung negativ beeinflusst. Das Ergebnis der Studie ergab jedoch keinen Unterschied der motorischen Fähigkeiten oder der Konzentrationsleistung zwischen den einzelnen Testzeitpunkten. Weiterhin konnte eine Subgruppenanalyse keinen Unterschied in Bezug auf den jeweiligen Ausbildungsstand und die laparoskopische Erfahrung zeigen (Lehmann et al. 2010).

Bei Hals-Nasen-Ohren-Ärzten zeigte sich während einer Simulation von kieferchirurgischen Eingriffen sogar eine Verbesserung der kognitiven Parameter nach dem Nachtdienst auf Kosten der Genauigkeit in der Durchführung der simulierten chirurgischen Aufgabe. Dafür wurden acht Allgemeinchirurgen sowohl vor als auch nach einem 24-stündigen Dienst getestet. Dies erfolgte unter Einhaltung der von der ACGME geforderten Arbeitszeitlimitierung auf 80 Stunden pro Woche (Jakubowicz et al. 2005). Die Repräsentativität der Studie ist bei einem solch kleinen Kollektiv jedoch kritisch zu beurteilen.

Eine Metaanalyse von 19 Untersuchungen kam zu dem Schluss, dass ein partieller Schlafmangel von <5 Stunden innerhalb einer 24-Stunden-Periode zu einer signifikanten Verschlechterung der kognitiven und der gesamten VR-Leistung führt. Anhand eines Fragebogens konnte gezeigt werden, dass insbesondere die Stimmung durch den partiellen Schlafmangel beeinträchtigt wird (Pilcher und Huffcutt 1996). Die Ergebnisse der ausgewerteten Studien sind jedoch im Hinblick auf die Messung des Ausmaßes von Müdigkeit und Schlafdefizit kritisch zu bewerten, da unterschiedliche Messmethoden und Kriterien Anwendung fanden.

In keiner der Studien wurden objektive biophysiological Parameter wie z.B. Cortisol oder die Pupillenreaktion gemessen, um das Ausmaß der Müdigkeit objektiv zu quantifizieren. Aus diesem Grund griffen wir genau diese objektiven biophysiological Parameter in unserer Studie auf und untersuchten sie zusätzlich zu den motorischen und den kognitiven Fähigkeiten.

## **2 Fragestellung und Ziel der Arbeit**

### **2.1 Ziel**

Ziel der hier vorliegenden Studie war es, anhand von messbaren biophysiologicalen Parametern und objektivierbaren Aufgaben festzustellen, in wie weit sich die durch Schlafmangel entstehenden subjektiv empfundenen Einschränkungen objektiv nachweisen lassen.

### **2.2 Hypothese**

Die folgende Hypothese sollte überprüft werden:

24-Stunden Dienste beeinträchtigen die technische und kognitive Leistung von Chirurgen während einer VR-Simulation und führen zu einer verminderten subjektiven und objektiven Aufmerksamkeit sowie zu einer mit Müdigkeit assoziierten Veränderung von biophysiologicalen Parametern, wie dem morgendlichen Cortisolspiegel und dem Pupillenunruheindex.

## 3 Probanden, Material und Methoden

### 3.1 Material

#### 3.1.1 Geräte / Instrumentarium

---

Geräte	Hersteller
Molecular Devices	Molecular Devices GmbH
Microplate Reader	Ismaning / München, Deutschland
Eppendorf Mehrkanalpipette	Eppendorf AG Hamburg, Deutschland
Eppendorf Einkanalpipette	Eppendorf AG Hamburg, Deutschland
Microsoft spf.exe	
Heraeus Biofuge	Hamburg, Deutschland
Gefriertruhe	Bosch froster
PST-Pupillograph	AMTech-GmbH, Weinheim, Deutschland
LapSim®	Surgical Science Ltd. Göteborg, Schweden
Stanford Sleepiness Scale (SSS-Skala)	Hoddes, Dement, Zarcone 1973
D2-Test + Auswertungsschablonen	Brickenkamp und Rolf, 9. Auflage Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen, 1994

---

### 3.1.2 Verbrauchsmaterialien

---

Material	Hersteller
Eppendorf Tips Standard (2-200 µl)	Eppendorf AG Hamburg, Deutschland
Cellstar Tubes 15ml	Greiner Bio One GmbH Frickenhausen, Deutschland
Cellstar Tubes 50ml	Greiner Bio One GmbH Frickenhausen, Deutschland
96 Well Plate Cellstar	Greiner Bio One GmbH Frickenhausen Deutschland
Sarstedt Salivetten	Sarstedt Aktiengesellschaft & Co Nümbrecht, Deutschland
Cortisol Assay (KGE008)	R&D Systems GmbH Wiesbaden-Nordenstadt, Deutschland

---

## 3.2 Probanden

Insgesamt waren Ärzte unterschiedlicher Dienstgruppen der Klinik für Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, Standort Marburg aufgerufen, an der Studie teilzunehmen.

**Gruppe A (Oberärzte):** Diese Gruppe bestand aus dem Direktor und sechs Oberärzten der Klinik für Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, Standort Marburg. Die Mitglieder dieser Gruppe wurden im Rahmen des Dienstwesens nur bei schwerwiegenden Entscheidungen bzw. Operationen mit höherem Schwierigkeitsgrad hinzugezogen. Die Gruppenmitglieder hatten die Möglichkeit bei ruhigen Dienstverhältnissen die Klinik zu verlassen und zu Hause zu schlafen.

**Gruppe B (1. Dienst):** Diese Gruppe bestand aus sieben Ärzten mit Facharztstatus. Den Ärzten dieser Dienstgruppe oblag die primäre Sichtung und Behandlung aller Probleme der Klinik während des gesamten Dienstgeschäftes.

Die Mitglieder waren 24 Stunden in der Klinik anwesend und konnten mittelschwere Probleme selbstständig lösen. Des Weiteren führten sie kleine bis mittelschwere Eingriffe ohne Oberarzthilfe durch. Die kleineren Aufgaben (Anhängen von Infusionen, Blutentnahmen und das Legen intravenöser Zugänge) wurden an die unteren Dienstgruppen (C und D) delegiert.

**Gruppe C (2. Dienst):** Diese Gruppe bestand aus sieben in ihrer Facharztausbildung fortgeschrittenen Ärzten im 3.-5ten Ausbildungsjahr. Diese Gruppe hatte im Bereitschaftsdienst vor allem die Aufgabe, die primäre ärztliche Sichtung und Behandlung der chirurgischen Patienten im Notfallbereich zu gewährleisten (Anamneseerhebung, Veranlassung von Röntgen- und Labordiagnostik sowie Notfalltherapie). Bei anspruchsvolleren Aufgaben und für die Indikationsstellung zu operativen Eingriffen wurde der 1. Dienst und/oder der diensthabende Oberarzt hinzugebeten.

**Gruppe D (3. Dienst):** Diese Gruppe bestand aus Ärzten im 1.-3ten Ausbildungsjahr. Diese Gruppe behandelte während des Dienstwesens vor allem die stationären Patienten (Blutentnahmen, intravenöse Zugänge legen, Infusionen anordnen, Blutkonserven und Blutprodukte applizieren). Des Weiteren unterstützten sie den 1. Dienst im Operationssaal und den 2. Dienst im Notfallbereich.

**Gruppe E (4. Dienst):** In diese Gruppe wurden Studenten im praktischen Jahr (PJ-Studenten) eingeteilt. Diese assistierten den anderen Dienstgruppen auf den Stationen, im Operationssaal oder im Notfallbereich, führten unter Anleitung Blutentnahmen durch, legten intravenöse Zugänge und applizierten nach Rücksprache mit den anderen Dienstgruppen Infusionen.

Die Ärzte wurden entsprechend ihres Ausbildungsstandes in **drei Subgruppen** unterteilt:

- **Gruppe 1:** Studenten, entsprach der Gruppe E (4. Dienst)
- **Gruppe 2:** Assistenzärzte im ersten bis fünften Jahr der Facharztausbildung, entsprach der Gruppe C und D (3. und 4. Dienst)
- **Gruppe 3:** Fachärzte und Oberärzte, entsprach der Gruppe A und B (1. und 2. Dienst)

Durch diese Subgruppeneinteilung sollten mögliche systematische Fehler aufgrund von unterschiedlichen Ausbildungsstufen hinsichtlich der laparoskopischen Fertigkeiten minimiert werden. Diese Einteilung ermöglichte zudem, dass nicht nur die Gruppe als Ganzes analysiert werden konnte, sondern dass auch jede Subgruppe einzeln erfasst und miteinander verglichen werden konnte.

### 3.2.1 Einschlusskriterien

Alle Ärzte der Klinik für Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, Standort Marburg wurden nach ausführlicher Aufklärung und Vorstellung des Studienkonzeptes eingeladen an der Studie teilzunehmen. Voraussetzung war die erfolgreiche Durchführung von mindestens zehn Basis-VR-Aufgaben mit dem VR-Simulator LapSim®. Diese beinhalteten Übungen zur „Kamera- und Instrumentennavigation“ („camera and instrument navigation“), „Koordination“ („coordination“), „Clip-Applikation“ („clip applying“), „Schneiden“ („cutting“) und „Schneiden mit der Diathermieschere“ („cutting with diathermy“).

Zudem mussten fünf VR-Übungen mit einem höheren Schweregrad erfolgreich abgeschlossen werden. Hierzu zählten die „Feindissektion“ („fine dissection“), „intrakorporale Naht“ („intracorporal suturing“) und „VR-Cholezystektomie“ („VR-cholecystectomy“). All diese Aufgaben mussten in einer definierten Reihenfolge mit aufsteigendem Schwierigkeitsgrad durchgeführt werden. Diese Vorbereitung auf die Studie diente der Minimierung möglicher systematischer Fehler durch die aufgrund des Ausbildungsstandes differierenden Erfahrungsgrade der Ärzte. Hierdurch sollte bei allen Ärzten ein bestimmter Kenntnisstand zur Durchführung der jeweiligen Aufgaben am VR-Simulator gewährleistet werden. Eine weitere Prerequisite zur Teilnahme an der Studie war die freiwillige Teilnahme an der Studie und die Unterzeichnung einer Einverständniserklärung zur anonymisierten Publikation der Studiendaten (siehe Anhang unter Kapitel 8.1).

### 3.2.2 Ausschlusskriterien

Ablehnen durch den /die Probanden/in.



### **3.2.3 Ethikkommission**

Der Studienverlauf, die Methodik sowie das Datenmanagement wurden durch die Ethikkommission der Philipps-Universität Marburg in der Sitzung vom 25.04.2007 überprüft und befürwortet (AZ 01/07).

Das Studiendesign erfüllte die GCP (Good Clinical Practice) Kriterien welche in der WMA- (World Medical Association) Deklaration von Helsinki 2003 deklariert wurden.

Die Daten waren für die Prüfer, Biometriker und den Klinikdirektor verblindet.

Die Studie wurde online unter ClinicalTrials.gov. registriert (Identifikationsnummer: NCT01284842).

### 3.3 Studiendesign

Die Studie wurde als Querschnittstudie konzipiert, in der der Einfluss von Müdigkeit infolge Schlafmangels in Abhängigkeit von dem chirurgischen Dienstwesen objektiviert werden sollte.

Ärzte/Ärztinnen der Klinik für Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, Standort Marburg wurden am Morgen vor einem 24-Stunden Bereitschaftsdienst [T1], am Morgen nach einem 24-Stunden Bereitschaftsdienst [T2] und am Morgen nach einer mindestens 12-stündigen Erholungsphase [T3], jeweils zwischen 7 und 12 Uhr untersucht.

Die Art der durchgeführten Arbeiten während des Bereitschaftsdienstes wurde nicht berücksichtigt, da davon ausgegangen wurde, dass das hiermit verbundene Stressempfinden als höchst subjektiv einzustufen ist. Weiterhin gab es aufgrund der Komplexität der durchzuführenden Aufgaben keinen praktikablen Test zur objektiven Messung von Intensivität und Ausmaß der während des Bereitschaftsdienstes durchgeführten Arbeiten.

Zu jedem Messzeitpunkt wurden die Schlafdauer, die subjektive Aufmerksamkeit mit der Stanford Sleepiness Scale (SSS), die Cortisolkonzentration im Speichel sowie der Pupillenunruheindex erfasst. Technische und kognitive Fähigkeiten wurden mittels Basis- und fortgeschrittenen VR-Aufgaben unter Zuhilfenahme des Laparoskopie-simulators LapSim® und dem standardisierten D2-Durchstreichtest beurteilt.

#### 3.3.1 Messung der technischen Leistung

Laparoskopie-Simulatoren ermöglichen eine objektiv messbare Einschätzung chirurgischer Fähigkeiten (Hassan et al. 2005). Eastridge et al. und Grantcharov et al. haben durch die Verwendung von Laparoskopie-Simulatoren gezeigt, dass Schlafentzug nach einem nächtlichen Bereitschaftsdienst mit einer deutlichen Minderung der vor dem Nachtdienst gemessenen laparoskopischen Fertigkeiten von Chirurgen einhergeht (Eastridge et al. 2003, Grantcharov et al. 2001).

Laparoskopie-Simulatoren finden auch in der chirurgischen Ausbildung Anwendung und könnten bei der Reformation der Ausbildung und im Hinblick auf reduzierte Möglichkeiten zum Erlangen praktischer Fähigkeiten an „echten“ Patienten im Zuge der Arbeitszeitgesetzregelungen an Bedeutung gewinnen (Seymour et al. 2002, Schijven et al. 2005, Aggarwal et al. 2006, Aggarwal et al. 2004, Ahlberg et al. 2007).

### **3.3.1.1 Laparoskopische Fähigkeiten – VR-Simulator (LapSim®)**

Der in dieser Studie verwendete Simulator (LapSim®, Surgical Science Ltd, Göteborg/Schweden) zum Trainieren laparoskopischer Fertigkeiten bestand aus einem Computer (Betriebssystem Windows XP®; Microsoft, Redmond, Washington, USA), der mit einer Vorrichtung bestehend aus zwei „laparoskopischen“ Instrumenten und einem „Diathermie“-Pedal ohne haptische Rückmeldung verbunden war (Abb. 1 und 2). Durch diese Anordnung entstand ein virtuelles laparoskopisches System. Die spezielle LapSim®-Software beinhaltete unter anderem acht „Basismodule“ [„Kamera- und Instrumentennavigation“, („camera and instrument navigation“), „Koordination“ („coordination“), „Clip-Applikation“ („clip applying“), „Schneiden“ („cutting“), „Schneiden mit der Diathermieschere“ („cutting with diathermy“)], sowie fortgeschrittene Module [„Feindissektion“ („fine dissection“), „VR-Cholezystektomie“ („VR-cholecystectomy“) und „intrakorporale Naht“ („intracorporal suturing“)], in denen jeweils ein Komplexitäts- und Schweregrad eingestellt werden konnte.

Im Rahmen der Studie wurden die vier folgenden Übungen gewählt:

Die Basismodule „Schneiden“ („cutting“) und „Clip-Applikation“ („clip applying“), welche zur Beurteilung der technischen Leistungen herangezogen wurden und die fortgeschrittenen Module „intrakorporale Naht“ („intracorporal suturing“) und „VR-Cholezystektomie“ („VR-cholecystectomy“), die eine Beurteilung der kognitiven Leistung erlaubten.

Jede Aufgabe wurde in einem mittleren Schwierigkeitsgrad zweifach durchgeführt. Nur die Ergebnisse der zweiten Durchführung wurden analysiert, um mögliche systematische Fehler durch Lerneffekte zu minimieren.



**Abb. 1: Aufbau des Laparoskopie-Simulators (LapSim ®).**

*Monitor, laparoskopische Instrumente und Fußpedal.*

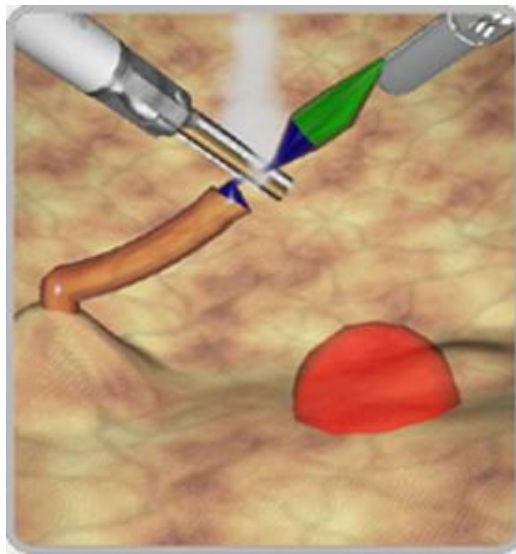


**Abb. 2: Eine Ärztin bei der Durchführung von VR-Aufgaben an einem Simulator für virtuelle Realität (LapSim ®).**

*Bewertung von technischen und kognitiven Fähigkeiten.*

### 1. Schneiden mit der Ultraschallschere („cutting“):

Um die Ultraschallschere zu bedienen, musste ein Fußpedal betätigt werden. Ein Blutgefäß hatte ein freies grünes Ende, das mit einem Greifinstrument gefasst und leicht gedehnt wurde, bis hinter dem grünen Ende des Gefäßes ein blaues Segment sichtbar wurde. Das blaue Segment wurde dann mit Hilfe der Ultraschallschere durchtrennt und in einem roten Behälter in dem simulierten Situs platziert (Abb. 3). Dieser Schritt wurde drei Mal wiederholt. Bei maximaler Dehnung riss das Gefäß und es kam zu einer simulierten Blutung. Als Messparameter wurden der maximale Dehnungsschaden des Gefäßes in Prozent, die Durchführungszeit in Sekunden, die Anzahl und Tiefe der Gewebeverletzungen (= Gewebekompression) mit dem Instrument in Millimeter, das Abweichen der Instrumente aus dem Kamerafeld in Grad und der Instrumentenausschlag als Summe aller winkelförmigen Kamerabewegungen in Grad verwendet.



**Abb. 3: Basisaufgabe („low-fidelity“) „cutting“.**

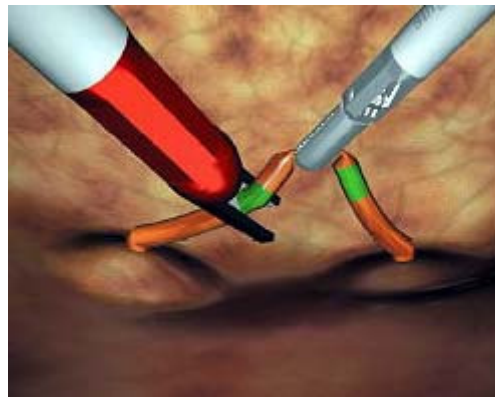
*Messung der technischen Fähigkeiten, nach Surgical Science, Göteborg, Schweden.  
([www.surgical-science.com](http://www.surgical-science.com) und [www.science.uniserve.edu.au](http://www.science.uniserve.edu.au) [ 02.09.12])*

## 2. Clip-Applikation („clip applying“):

Zu Beginn der Übung waren beide Instrumente Greifinstrumente, die bei Bedarf gegen eine Clipzange, eine Schere oder ein Sauggerät ausgetauscht werden konnten.

Ein simuliertes Blutgefäß wurde mit einem Greifinstrument gefasst und leicht angehoben, bis an ihm zwei grüne Segmente erschienen. Hier wurden mit der Clipzange zwei Clips platziert. Danach erschien zwischen den zwei geklippten grünen Segmenten ein blaues Segment, das mit der Schere durchtrennt werden sollte (Abb. 4). Wurde das Blutgefäß zu stark gedehnt, riss es ab und es wurde eine Blutung simuliert. Wurden die Clips nicht präzise platziert, kam es ebenfalls zu einer Blutung aus dem simulierten Blutgefäß. Die in den Situs gefallen Clips sollten mit einem Greifinstrument entfernt werden.

Messparameter waren die Durchführungszeit in Sekunden, der maximale Dehnungsschaden in Prozent, Anzahl der nicht präzise platzierten oder verlorenen Clips sowie die Menge des simulierten Blutverlustes in Milliliter.

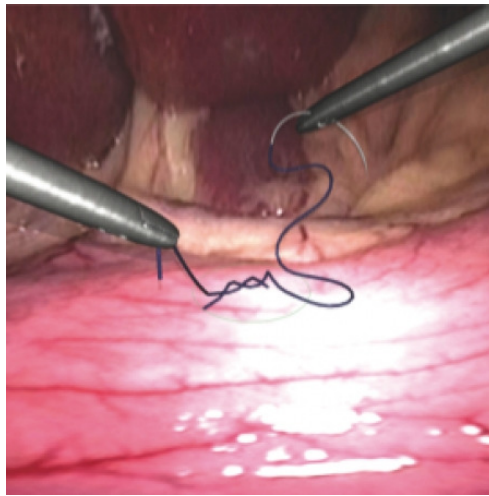


**Abb. 4: Basisaufgabe („low-fidelity“) „clip applying“.**

*Messung der technischen Fähigkeiten, nach Surgical Science, Göteborg, Schweden.  
([www.surgical-science.com](http://www.surgical-science.com) und [www.intermed.kiev.ua](http://www.intermed.kiev.ua) [02.09.12])*

### 3. Intrakorporale Naht („intracorporal suturing“):

Mit zwei Greifinstrumenten war eine intrakorporale Naht durchzuführen, die mit einem doppelten, gegenläufigen Knoten abgeschlossen werden musste (Abb. 5). Messparameter waren die Durchführungszeit in Sekunden, Anzahl und Tiefe der Gewebeverletzungen (= Gewebekompression) mit der Nadel oder mit dem Instrument in Millimeter, Abweichen der Instrumente aus dem Kamerafeld in Grad und der Instrumentenausschlag als Summe aller winkelförmigen Kamerabewegungen in Grad.

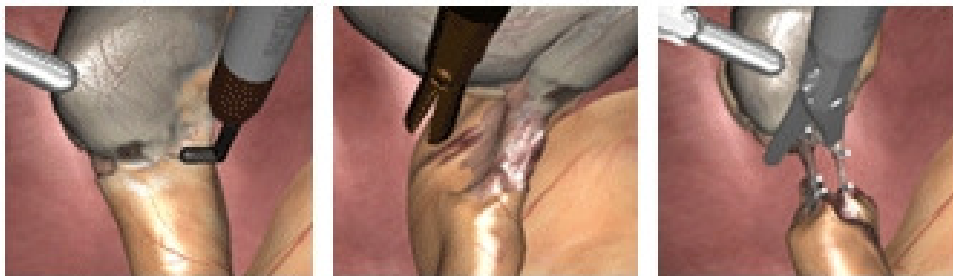


**Abb. 5: Fortgeschrittene Aufgabe („high-fidelity“) „intracorporal suturing“.**

*Messung der kognitiven Fähigkeiten, nach Surgical Science, Göteborg, Schweden.  
([www.surgical-science.com](http://www.surgical-science.com) und [www.pssjournal.com](http://www.pssjournal.com) [02.09.12])*

#### 4. Cholezystektomie („VR-cholecystectomy“):

Zunächst wurde die Gallenblase vorsichtig mit einem Greifinstrument gefasst und ein wenig gedehnt. Für die nachfolgende Dissektion standen mehrere Instrumente zur Verfügung (ein Greifinstrument, ein Diathermie-Greifgerät und ein Diathermie-Haken). Nach der Freipräparation des Ductus cysticus und der Arteria cystica wurden beide Strukturen geklippt und schließlich mit einer Schere durchtrennt (Abb. 6). Bei einer Verletzung angrenzender Strukturen und kleinerer Gefäße kam es zu einer simulierten Blutung, welche mit Hilfe eines Saugers abgesaugt und mittels Diathermie gestoppt werden konnte. Die auszuwertenden Messparameter waren die Durchführungszeit in Sekunden, der Gewebeschaden in Prozent, die Instrumentennavigation in Millimeter, der Blutverlust in Milliliter, die Verletzung der Gefäße und des Ductus cysticus in Prozent.



**Abb. 6: Fortgeschrittene Aufgabe („high-fidelity“) „VR-cholecystectomy“.**

Messung der kognitiven Fähigkeiten, nach Surgical Science, Göteborg, Schweden.  
([www.surgical-science.com](http://www.surgical-science.com) und [www.virtualsurgery.vision.ee.ethz.ch](http://www.virtualsurgery.vision.ee.ethz.ch) [02.09.12])

Um die VR-Leistung am Simulator zu evaluieren, wurden die vom Computersystem erfassten Auswertungen, wie „Leistungs-Score in Prozent“ (%) und „Durchführungszeit in Sekunden“ (s), analysiert. Der „Fehler-Score“ (%) wurde als umgekehrter „Leistungs-Score“ (%) definiert. Dafür wurde für jede Messung eines jeden Teilnehmers  $\text{Fehlerrate} = 100\% - \text{Leistungsscore in Prozent}$  gerechnet. Verschiedene Aufgaben-spezifische Parameter, wie „Wegstrecke des linken Instruments“ („left instrument path length“), „Wegstrecke des rechten Instruments“ („right instrument path length“), „zurückgelegter Winkel des linken oder rechten Instruments“ („left/right instrument angular path“), „Wegstrecke der Schere“ („cutter path length“), wurden gemessen, um die „Ökonomie der Instrumentenbewegung“ zu bewerten.



### 3.3.2 Messung der objektiven Aufmerksamkeit

#### 3.3.2.1 D2-Durchstreichtest

Der D2-Durchstreichtest („d2-Paper-Pencil-Test“, „D2-Test“) wurde 1962 von Brickenkamp entwickelt, um Aufmerksamkeit und Konzentration objektiv zu erfassen (Bates und Lemay 2004, Brickenkamp und Zillmer 1998). Dabei sind Brickenkamps Definitionen dieser beiden Parameter folgende:

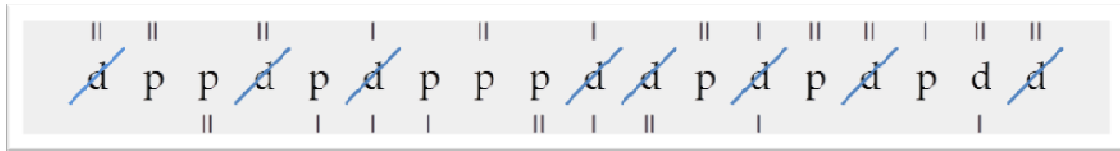
Aufmerksamkeit: „Zustand der gesteigerten Wachheit oder Anspannung, der der selektiven Orientierung des Wahrnehmens, Denkens und Handelns zugrunde liegt.“

Konzentration: „Eine leistungsbezogene, kontinuierliche und fokussierende Reizselektion, die Fähigkeit eines Individuums, sich bestimmten (Aufgaben-) relevanten internen oder externen Reizen selektiv, d.h. unter Abschirmung gegenüber irrelevanten Stimuli, ununterbrochen zuzuwenden und diese schnell und korrekt zu analysieren.“

Für die Durchführung eines D2-Durchstreichtests waren folgende Materialien notwendig: Instruktions-Handbuch, Aufgabenblatt, Bleistift, Stoppuhr und Auswertungsschablonen.

Testablauf:

Der Test bestand aus 14 Zeilen mit jeweils 47 Zeichen. Diese Zeichen setzten sich aus d's und p's zusammen, welche mit ein bis vier Strichen gekennzeichnet waren. Während des Tests sollten möglichst viele d's mit genau zwei Strichen erkannt und durchgestrichen werden. Jede Zeile beinhaltete 21 oder 22 dieser Buchstaben. Zunächst wurde den Probanden die Testdurchführung durch den Testleiter erklärt und das Aufgabenblatt mit dem individuellen Probanden-Code des jeweiligen Teilnehmers gekennzeichnet. Danach sollte der jeweilige Proband so schnell, aber auch so sorgfältig wie möglich diejenigen d's durchstreichen, die von genau zwei Strichen umgeben waren (Abb. 7).



**Abb. 7: Stimuli im D2-Test.**

*Alle d's mit zwei Strichen sollen durchgestrichen werden, alle p's und alle d's mit mehr oder weniger als zwei Strichen dürfen nicht durchgestrichen werden. (Ausschnitt aus dem Originaltest von Brickenkamp und Rolf, 9. Auflage, Hogrefe-Verlag, GmbH & Co. KG Göttingen 1994, Zeile 9, Buchstabe 4-21)*

Pro Zeile standen den Probanden 20 Sekunden zur Verfügung. Nach dieser Zeit wurden die Testteilnehmer vom Testleiter aufgefordert, mit der nächsten Zeile zu beginnen, unabhängig von den noch nicht bearbeiteten Zeichen. Die Testdauer betrug somit genau 4 Minuten und 40 Sekunden.

Der Test beinhaltete eine Antriebs- und Kontrollkomponente, indem er das Tempo (Quantität), die Sorgfalt (Qualität) und den zeitlichen Verlauf (Kontrolle) analysierte. Ausgewertet wurden diese Parameter unter Zuhilfenahme zweier Auswertungsschablonen.

Schablone 1 diente der Auswertung der Auslassungsfehler (F1), d.h. derjenigen Zeichen, die hätten durchgestrichen werden müssen, jedoch vom Probanden nicht durchgestrichen wurden. Schablone 2 hingegen identifizierte die Verwechslungsfehler (F2), d.h. die vom Probanden falsch durchgestrichenen Zeichen (siehe Anhang unter Kapitel 8.3 und 8.4).

Als Endpunkte wurden die fehlerkorrigierte Leistungsmenge (GZF) und die Konzentrationsleistung (KL) analysiert.

Dabei wurden die GZF und die KL wie folgt ermittelt:

**GZF** = Gesamtzahl der durchgestrichenen Zeichen (GZ) abzüglich der Auslassungsfehler (F1) und der Verwechslungsfehler (F2)

$$\Rightarrow \text{GZF} = \text{GZ} - \text{F1} - \text{F2}$$

**KL** = Summe der richtig durchgestrichenen Zeichen (Stimuli) abzüglich der falsch durchgestrichenen (F2)

$$\Rightarrow \text{KL} = \text{Stimuli} - \text{F2}$$

In unserer Studie wurde der Konzentrationsindex KL ausgewertet. Dieser reflektiert präzise die Leistung, korrigiert auf Fehler und ist somit ein optimaler Marker zur Erfassung der kognitiven Fähigkeiten (Meyer und Blechert 2005, Mengelkamp und Jaeger 2007). Die Reliabilität dieses Messverfahrens wurde als sehr hoch eingestuft (Bates und Lemay 2004, Brickenkamp und Zillmer 1998) und der Test ist weit verbreitet (Karanovic et al. 2009, Fietze et al. 2009, Johnson et al. 2010).

### **3.3.3 Messung der subjektiven Schläfrigkeit**

#### **3.3.3.1 Stanford Sleepiness Scale (SSS)**

Die Stanford Sleepiness Scale (SSS) wurde 1973 von Hoddes, Dement und Zarcone als Instrument zur Analyse des Wachheitsgrades vorgestellt. Hierbei handelt es sich um eine Selbstbeurteilungsskala, welche als „Momentaufnahme“ die jeweilige Tagesschläfrigkeit der Probanden erfasst. Es ist ein validierter Test zur introspektiven Messung der Schläfrigkeit (MacLean et al. 1992) (Tabelle 1).

Im Rahmen der Studie hatten die Probanden die Aufgabe, am Morgen vor einem 24-stündigen Dienst [T1], am Morgen nach einem 24-stündigen Dienst [T2] und am Morgen nach einer mindestens 12-stündigen Erholungszeit [T3] anhand dieser Skala ihre jeweilige psychische Verfassung, bezogen auf die Schläfrigkeit, zu beurteilen. Sie wurden aufgefordert, die für sie am ehesten zutreffende Aussage anzukreuzen, woraus sich der jeweilige Wert von 1- X auf einer Skala ergab. Ein Wert von 1 wies dabei auf Ausgeschlafenheit und hohe Vigilanz hin, während der Wert X nur durch den Testleiter angekreuzt werden konnte, da dieser bedeutete, dass der Proband bereits eingeschlafen war.

**Tabelle 1: Stanford Sleepiness Scale [SSS].***Evaluierung des subjektiven Aufmerksamkeitslevels.**Original Stanford Sleepiness Scale (<http://www.stanford.edu/~dement/ss.html> [02.09.12])*

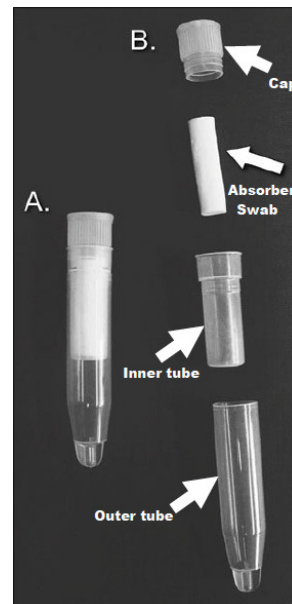
Degree of Sleepiness	Scale Rating
Feeling active, vital, alert, or wide awake	1
Functioning at high levels, but not at peak; able to concentrate	2
Awake, but relaxed; responsive but not fully alert	3
Somewhat foggy, let down	4
Foggy; losing interest in remaining awake; slowed down	5
Sleepy, woozy, fighting sleep; prefer to lie down	6
No longer fighting sleep, sleep onset soon; having dream-like thoughts	7
Asleep	X

### 3.3.4 Messung der physiologischen/biochemischen Veränderungen

#### 3.3.4.1 Cortisol

Um Schlaf-assoziierte biophysiologische Veränderungen zu ermitteln, wurde in der Studie die morgendliche Cortisolkonzentration im Speichel der Probanden gemessen. Der Cortisolspiegel im Speichel ist ein biophysiologischer Parameter zur Beurteilung von Müdigkeit und Wachheit. Ebenso ist ein erhöhter Cortisolspiegel ein Indikator für Stress. Die Cortisolkonzentration folgt relativ stabil einer zirkadianen Rhythmik, wird jedoch durch Faktoren wie Zeitdruck, hohe Anforderungen, übermäßige Besorgnis und geringe Kontrolle erhöht (Vangelova 2008). Signifikante Veränderungen der Cortisolkonzentration im Speichel werden mit psychischer und physischer Erschöpfung assoziiert (Nozaki et al. 2009), während bloße Schlafunterbrechung keine signifikanten Veränderungen der Cortisolkonzentration oder -sekretion zur Folge haben (Dettenborn et al. 2007). Der normale Messbereich für die morgendliche (8 Uhr) Cortisolkonzentration im Speichel liegt bei 4-15 ng/ml.

Da Müdigkeit Stress verursacht, waren in unserer Studie vor allem nach einem Dienst erhöhte Cortisolkonzentrationen im Speichel zu erwarten. Die Speichelproben der Probanden zur Cortisolspiegelbestimmung wurden zu jedem Messzeitpunkt gesammelt (vor einem 24-stündigen Dienst [T1], nach einem 24-stündigen Dienst [T2], nach einer mindestens 12-stündigen Erholungszeit [T3]). Dafür mussten die Probanden eine Minute lang auf einem Wattebausch (Salivetten Sarstedt Co) kauen (Abb. 8). Die Probanden durften 15 Minuten vor der Probengewinnung weder die Zähne putzen noch etwas essen, trinken oder rauchen. Der Mund eines jeden Probanden wurde kurz vor der Messung mit Wasser ausgespült. Die gewonnenen Speichelproben wurden umgehend bei 3000 rpm für zehn Minuten zentrifugiert und das entstehende Filtrat gesammelt (0.5-1.5 ml). Die filtrierte Probe wurde sodann bei -20°C eingefroren und bei dieser Temperatur bis zur Analyse gelagert. Nach vollständiger Komplettierung der Probensammlungen wurden die Zentrifugate wieder aufgetaut und bei 10.000 g zentrifugiert, um das Muzin zu entfernen. Proben, welche nur wenig Speichelvolumen aufwiesen (<0.6 ml/ml), einen pH <6 zeigten sowie Proben welche Blut beinhalteten, wurden durch Transferrin-Nachweis ausgeschlossen. Hierfür wurde das Salivary Blood Contamination Enzyme Immunoassay Kit (Salimetrics LLC, Pennsylvania, USA) verwendet (Nozaki et al. 2009).



**Abb. 8: Cortisolgewinnung.**

*Sarstedt Salivette mit enthaltener Kunstfaserrolle zur Speichelgewinnung und anschließenden Messung der Cortisolkonzentration.*

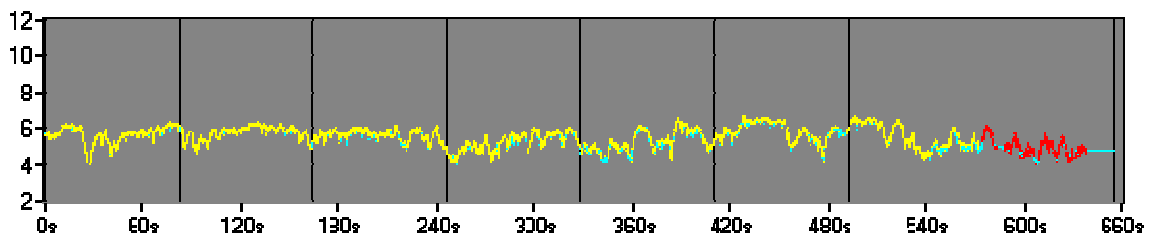
([http://www.sarstedt.com/php/main.php?inhalt=produktfamilien.php?gruppe\\_id=12&SID=e1e1f4e25a7f285d09320585d54c5796](http://www.sarstedt.com/php/main.php?inhalt=produktfamilien.php?gruppe_id=12&SID=e1e1f4e25a7f285d09320585d54c5796) und [www.scotland.gov.uk](http://www.scotland.gov.uk) [02.09.12])

### 3.3.4.2 Cortisol-ELISA

Bei einem ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) konkurrieren nicht-markiertes Cortisol aus dem Probandenspeichel und eine markierte Cortisol-Peroxidase-(POD)-Konjugat-Lösung um die Bindungsplätze an Cortisol-Antikörpern. Diese Cortisol-Antikörper waren an die feste Phase eines Röhrchens gebunden. Nach Inkubation und Trennung der gebundenen und freien Komponenten durch eine Waschlösung, erfolgte eine Farbreaktion mit Substrat-Chromogenlösung, die mit dem POD-Bestandteil des Cortisol-POD-Konjugates reagierte. Diese Farbentwicklung wurde anhand einer Extinktionsmessung im Spektralphotometer bei einer Wellenlänge von 450 nm quantifiziert, wobei gegen eine Substrat-Chromogen-Lösung gemessen wurde. Die Konzentration des Cortisols (ng/ml) im Probandenspeichel war dabei der Extinktion reziprok. Gleichzeitig wurden Standardproben mit einem bekannten Cortisol-Gehalt gemessen. Somit war es möglich den Cortisol-Gehalt in den Speichelproben der Probanden zu ermitteln.

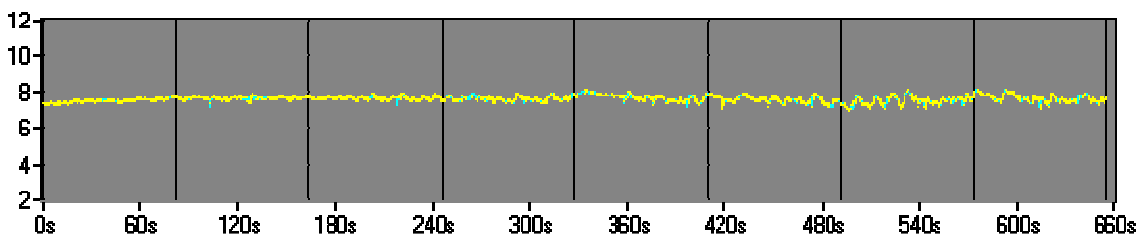
### 3.3.4.3 Pupillographischer Schläfrigkeitstest – Pupillographie (PST)

Die Pupillographie zählt neben der Elektroenzephalographie (EEG) zu den etablierten Verfahren zur objektiven Schläfrigkeitsmessung. Im Dunkeln zeigt die Pupille bei Ermüdung ein charakteristisches Verhalten. Sie wird enger und beginnt mit zunehmender Amplitude und abnehmender Frequenz zu schwingen. Diese spontanen und unbewussten Änderungen des Pupillendurchmessers wurden von Lowenstein und Loewenfeld entdeckt und als Ermüdungswellen bezeichnet (Abb. 9 und 10). Die Auswertung der Anzahl und Frequenz dieser Pupillenveränderungen, als natürlicher Logarithmus des Pupillenunruheindex, wird als objektives Korrelat für die Einschlafneigung/Wachheit bzw. Tagesschläfrigkeit verwendet (Lowenstein et al. 1963). Im schlafmedizinischen Labor wird die Pupillographie zur Diagnose und Therapiekontrolle bei Schlafapnoe und Narkolepsie und zur Evaluierung der Insomnie eingesetzt (Wilhelm und Wilhelm 1994, Wilhelm et al. 1996). In gleicher Weise konnte die Pupillographie in der Arbeitsmedizin in Risikoberufsgruppen eine kritische Übermüdung aufdecken (Wilhelm und Wilhelm 1995, Wilhelm 2008, Yoss 1969). In der vorliegenden Studie wurde die Pupillenaktivität unter Verwendung eines Pupillographen der Firma AMTech®, Dossenheim, Deutschland, gemessen.



**Abb. 9: Schläfrigkeitsswellen am Beispiel einer schläfrigen Person.**

(AmTech GmbH, Dossenheim, Deutschland, [www.amtech.de](http://www.amtech.de) [02.09.12]) Es zeigt sich eine zunehmende Amplitude und abnehmende Frequenz.



**Abb. 10: Pupillogramm einer nicht schläfrigen Person.**

(AmTech GmbH, Dossenheim, Deutschland, [www.amtech.de](http://www.amtech.de) [02.09.12]) Es zeigt sich eine stabile Amplitude und Frequenz.

#### **3.3.4.4 Pupillograph**

Ein Pupillograph besteht aus einer Videokamera mit integrierter Infrarotbeleuchtung. Damit wurde die Pupille des jeweiligen Probanden beobachtet (Abb. 11).

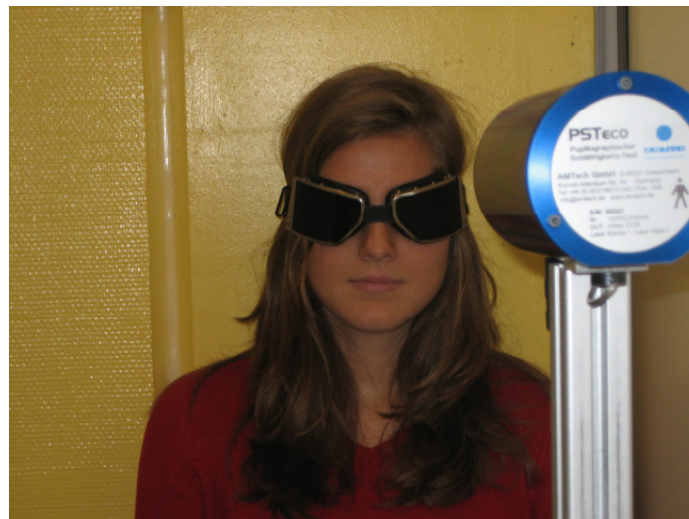
Die Messung erfolgte in einem stillen und dunklen Raum, nach einer initialen 15-minütigen Anpassung an die Dunkelheit und unter Abschottung von Störreizen. Während der Messung trugen die Probanden eine für Infrarotlicht transparente, jedoch für sichtbares Licht undurchlässige Brille, um jegliches einfallende Licht abzuschirmen. Die Probanden wurden in aufrechter Haltung auf einem gemütlichen Stuhl in 70 cm Entfernung zu dem Pupillographen positioniert. Pupillograph und Kopfposition wurden entsprechend der Körpergröße des Probanden justiert. Nachfolgend wurde der Proband angewiesen, die schwach sichtbare Infrarotbeleuchtung zu fixieren (Abb. 12). Der Untersucher befragte den Probanden kurz vor der Messung zu der Einnahme von Koffein und Nikotin sowie zur nächtlichen Schlafdauer. Sprechen war während des gesamten Messzeitraums untersagt. Die spontanen Pupillenbewegungen wurden 11 Minuten lang aufgezeichnet, auf einem Computer eingelesen und daraus der Pupillenunruheindex (PUI) in Millimetern pro Minute mittels einer 25-Hz Echtzeit-Analyse berechnet (Abb. 13) (Morad et al. 2000, Ludtke et al. 1998, Wilhelm B et al. 1998, Wilhelm H et al. 1998). Artefakte durch Lidschluss wurden mit Hilfe eines Programms durch den Rechner erkannt und korrigiert. Der Normalwert des PUI liegt bei im Mittel 4.5 mm/min. Er ist unabhängig vom Alter und Geschlecht und steigt bei erhöhter subjektiver Schläfrigkeit an (Wilhelm et al. 2001). Zielparameter war der natürliche Logarithmus des PUI.



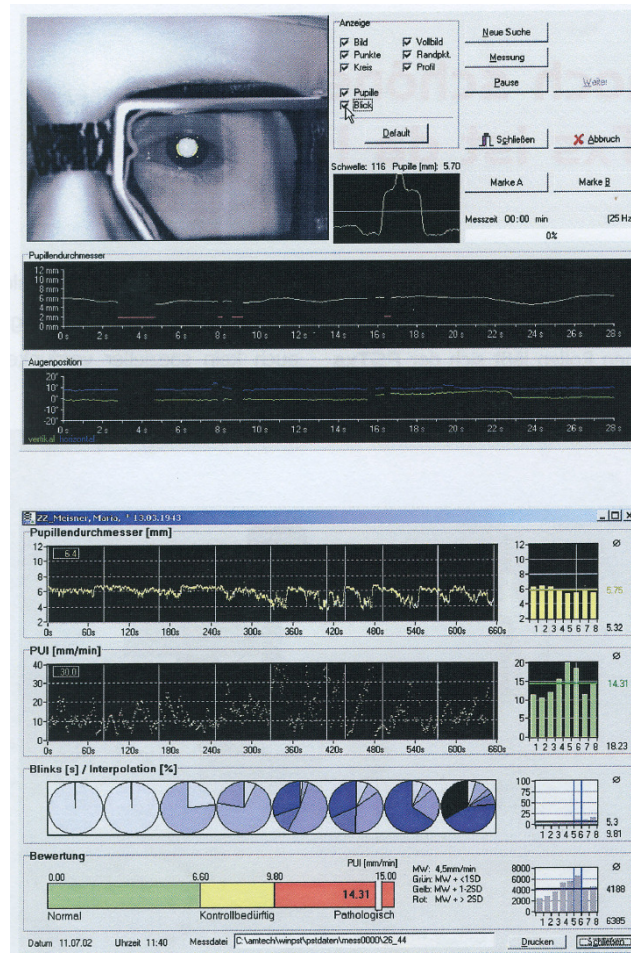


**Abb. 11: Pupillograph.**

*PST (AmTech®, Dossenheim, Deutschland) mit Videokamera und integrierter Infrarotbeleuchtung zur Messung des Pupillenunruheindex (PUI). (www.amtech.de [02.09.12])*



**Abb. 12: Eine Probandin während der Messung des PUI mit dem Pupillographen.**



**Abb. 13: Pupillographische Messung.**

Darstellung der Messergebnisse; oben während der pupillographischen Messung und unten Endergebnisse nach der pupillographischen Messung (nach AmTech GmbH, Dossenheim, Deutschland, [www.amtech.de](http://www.amtech.de) [02.09.12]).

### **3.3.5 Fragebogen**

Die Teilnehmer wurden zum Testzeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] aufgefordert, einmalig einen Fragebogen auszufüllen. Dieser Fragebogen beinhaltete Fragen zu Geschlecht, Alter, Ausbildungsstand, Schlafdauer während des Dienstes und in der Nacht zuvor, Tätigkeiten während des Nachtdienstes, regelmäßiger Gebrauch aufputschender Mittel, wie z.B. koffein- oder taurinhaltige Getränke, Drogenkonsum, Nikotin- oder Alkoholgebrauch sowie Fragen nach regelmäßiger Sportaktivität, als möglichen Ausgleich in der Freizeit (Abb. 14). Der Fragebogen wurde speziell für die Studie erstellt und diente der Einteilung der Teilnehmer anhand ihres Dienst- und Erfahrungsgrades in verschiedene Gruppen und der Beurteilung des Arbeitsaufwandes während des Nachtdienstes. Zusätzlich sollten mögliche Bewältigungsstrategien bei Nachtdienst-assoziiierter Müdigkeit erfasst werden.

Probanden-Code:

Datum:

Fragebogen

Dienstgrad:

Alter:

Geschlecht:

1.) Wie viele Stunden haben Sie durchschnittlich diese Woche täglich geschlafen?

0-3 h ☐ 3-6 h ☐ > 6 h ☐

2.) Wie viele Stunden haben Sie einen Tag vor der Messung geschlafen?

0-3 h ☐ 3-6 h ☐ > 6 h ☐

3.) Wie viele Stunden haben Sie während Ihres Dienstes geschlafen?

0-3 h ☐ 3-6 h ☐ > 6 h ☐

4.) Wie viele Stunden haben Sie während Ihres Dienstes im OP gestanden?

0-3 h ☐ 3-6 h ☐ > 6 h ☐

5.) Wie viele Patienten haben Sie während Ihres Dienstes notfallmäßig behandelt?

0-5 ☐ 5 – 10 ☐ > 10 ☐

6.) Haben Sie vor der Untersuchung aufputschende Drogen eingenommen?

Ja ☐ welche?

Kaffee	<input type="checkbox"/>
Zigaretten	<input type="checkbox"/>
Tabletten	<input type="checkbox"/>
Alkohol	<input type="checkbox"/>
Dopingmittel	<input type="checkbox"/>
Sonstige (welche?):	

Nein ☐

7.) Rauchen Sie mehr oder trinken Sie während Ihres Dienstes mehr Kaffee als gewohnt?

Ja ☐Nein ☐

8.) Betreiben Sie in Ihrer Freizeit regelmäßig sportliche Aktivitäten als Ausgleich?

Ja ☐ welche?

Joggen	<input type="checkbox"/>	Volleyball	<input type="checkbox"/>
Radfahren	<input type="checkbox"/>	Tennis/Squash	<input type="checkbox"/>
Fitnessstudio	<input type="checkbox"/>	Golf	<input type="checkbox"/>
Fußball	<input type="checkbox"/>	Segeln	<input type="checkbox"/>
Basketball	<input type="checkbox"/>	Fallschirmspringen	<input type="checkbox"/>
Sonstige (welche?):			

Nein ☐**Abb. 14: Fragebogen.**

*Erfassung der Schlafdauer vor und nach dem Nachtdienst, Einnahme von aufputschenden Mitteln, Präsenzzeit im Operationssaal, Anzahl behandelter Patienten während des Nachtdienstes und sportlichem Ausgleich in der Freizeit.*

## **3.4 Studienverlauf**

### **3.4.1 Vor einem 24-Stunden Dienst (Messzeitpunkt T1)**

Am Morgen zwischen 7-12 Uhr vor einem 24-Stunden Dienst wurden die Probanden gebeten, zunächst anhand der Stanford Sleepiness Scale (SSS) ihre Schläfrigkeit zu bewerten, bevor sie die Module („cutting“, „clip applying“, „intracorporal suturing“ und „VR-cholecystectomy“) am Laparoskopie-Simulator zweimal durchführten. Nur die zweite Durchführung wurde ausgewertet. Lediglich das Modul „VR-cholecystectomy“ musste nur einmal durchgeführt werden. Danach wurde eine Speichelprobe zur späteren Cortisolbestimmung gewonnen. Anschließend wurde der natürliche Logarithmus des PUI als Parameter der Tagesschläfrigkeit mit dem Pupillographen (PST) bestimmt und bei dieser Gelegenheit die Schlafdauer der letzten Nacht erfragt. Abschließend wurde ein D2-Durchstreichtest durchgeführt.

### **3.4.2 Nach einem 24-Stunden Dienst (Messzeitpunkt T2)**

Am Morgen nach einem 24-Stunden Dienst zwischen 7-12 Uhr erhielten die Probanden zunächst den für die Studie erstellten Fragebogen (siehe Abbildung 14). Anschließend erfolgten VR-Aufgaben am Simulator, Cortisolgewinnung aus einer Speichelprobe, Pupillographenmessung und D2-Durchstreichtest entsprechend dem Messzeitpunkt T1.

### **3.4.3 Nach einer mindestens 12-stündigen Erholungszeit (Messzeitpunkt T3)**

Die Messungen erfolgten analog dem Messzeitpunkt T1.

Auf der nächsten Seite ist der Studienverlauf in einem Flussdiagramm schematisch dargestellt (Abb. 15).

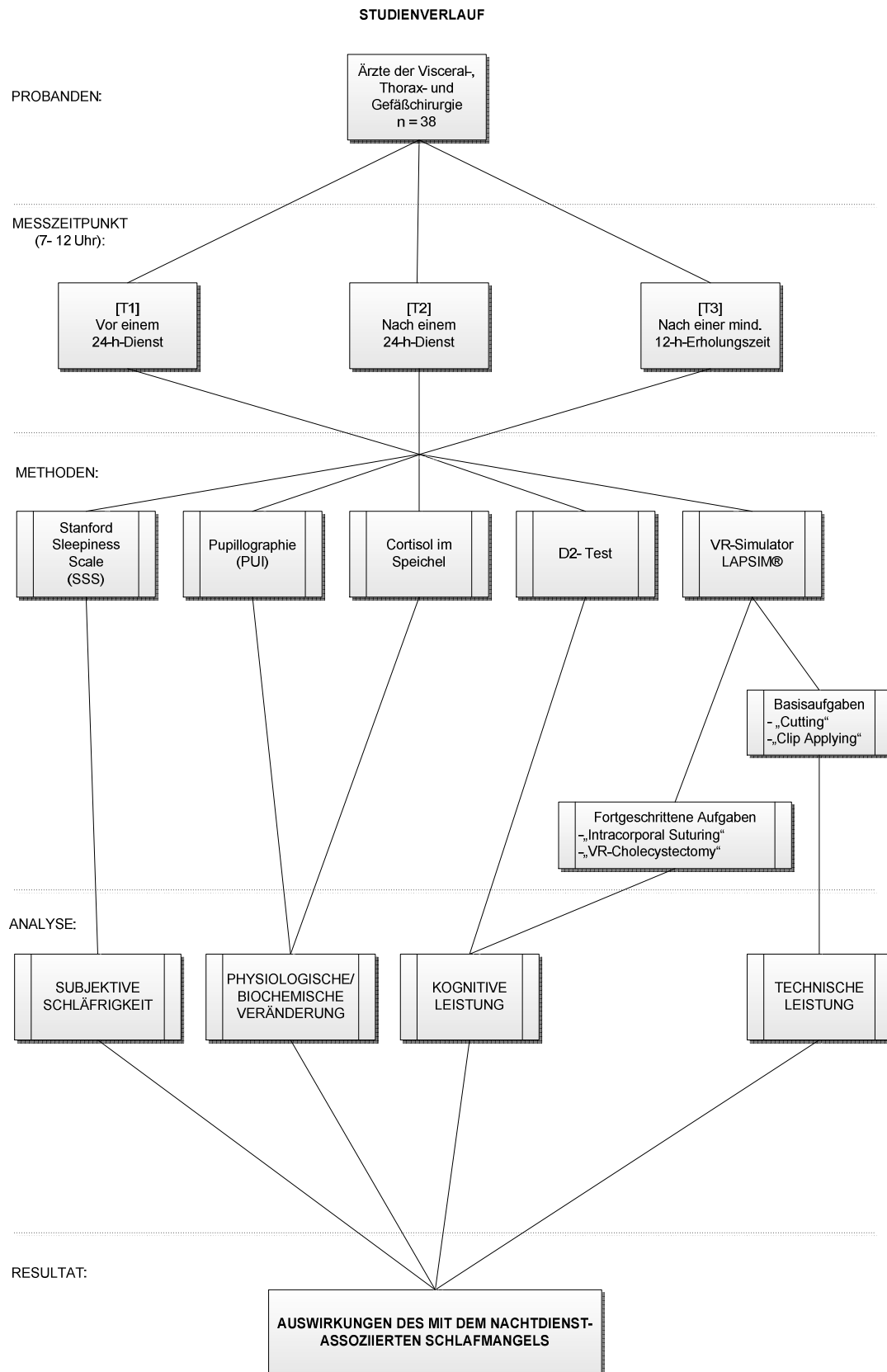


Abb. 15: Schematische Darstellung des Studienverlaufes.

### **3.5 Zielkriterien**

Als Zielkriterien galten, wie im oben gezeigten Schema ersichtlich (Abb. 15), die Bestimmung der technischen Leistung anhand der Analyse der laparoskopischen Basisaufgaben am VR-Simulator. Demgegenüber standen die kognitive Leistung, welche sich aus der Analyse der Aufmerksamkeit mittels des D2-Tests und den Ergebnissen der fortgeschrittenen Aufgaben am VR-Simulator zusammensetzte sowie physiologische und biochemische Veränderungen, welche mittels der Pupillographie und der Cortisolkonzentration im Speichel ermittelt wurden. Verglichen wurden die objektivierbaren Ergebnisse mit der subjektiven Schläfrigkeit, die anhand der Stanford Sleepiness Scale erfasst wurde.

### **3.6 Subgruppenanalyse**

Um die Ergebnisse entsprechend des Ausbildungs- und Erfahrungsgrades interpretieren zu können und nicht die VR-Leistungen von Studenten mit denen eines erfahrenen Oberarztes zu vergleichen, wurde eine Subgruppenanalyse für alle Parameter durchgeführt.

Die Teilnehmer wurden wie bereits unter Kapitel 3.2 beschrieben in drei Subgruppen eingeteilt:

- Subgruppe 1: Studenten im Praktischen Jahr (PJ-Studenten, n = 19)
- Subgruppe 2: Assistenzärzte (n = 9)
- Subgruppe 3: Fachärzte und Oberärzte (n = 10)

### 3.7 Statistik

Vor Durchführung der Studie war die zu erwartende Effektstärke unbekannt. Deswegen konnte keine valide Power-Analyse durchgeführt werden. Mögliche Effekte wurden auf der Basis von früheren Studien eingeschätzt (siehe bereits erwähnte Studien unter Kapitel 1.3). Diese Studien hatten im Mittel eine Studienpopulation von 20 Probanden und einen weniger komplexen Studienaufbau. Da unsere Studie auf Grund der Komplexität des Studienaufbaus an nur einem Zentrum realisiert werden konnte, war die Anzahl der in Frage kommenden Teilnehmer begrenzt. Die Methodik implizierte, dass jeder Teilnehmer als seine eigene Kontrolle diene. Die Power-Kalkulation zur Bestimmung der nötigen Fallzahl, berücksichtigte eine zu erwartende Verschlechterung der gesamten VR-Leistung von 25%. Dabei wurden eine Power von 80% und eine Fehlerrate von 5% angenommen. Eine Fallzahl von insgesamt 30 Teilnehmern wurde als ausreichend berechnet, um die Hypothesen zu überprüfen.

Zur Berechnung der benötigten Fallzahl, gingen wir wie folgt vor:

$$(1,96 \times \sqrt{2 \times ((p_1+p_2)/2) \times (1-((p_1+p_2)/2))} + 0,84 \times \sqrt{p_1 \times (1-p_1) + p_2 \times (1-p_2)})^2 / (p_1-p_2)^2$$

Annahme ist hier 80% Power und 5% Fehler.

Im Normalfall beträgt die Leistung 100%. Ausgehend von unseren erwarteten Ergebnissen, gäbe es eine 25%ige Verschlechterung der laparoskopischen Fähigkeiten, sodass nur noch eine Leistung von 75% vorhanden wäre. Somit ist  $p_1 = 1$  und  $p_2 = 0,75$ . Daraus ergibt sich:

$$\begin{aligned} & (1,96 \times \sqrt{2 \times (1,75/2) \times (1 - 1,75/2)} + 0,84 \times \sqrt{1 \times (1 - 1) + 0,75 \times 0,25})^2 / (1-0,75)^2 \\ & (1,96 \times \sqrt{1,75 \times 0,125} + 0,84 \times \sqrt{0 + 0,1875})^2 / 0,0625 \\ & (1,96 \times 0,468 + 0,84 \times 0,433)^2 / 0,0625 \\ & (0,917 + 0,364)^2 / 0,0625 \end{aligned}$$

Es werden also 26,26, d.h. 27 Probanden benötigt.



Unter der Berücksichtigung eines Drop outs von 10%, also 2,7 bzw. 3 Probanden, sollten mindestens 30 Probanden an dieser Studie teilnehmen, um unsere Hypothese signifikant zu bestätigen.

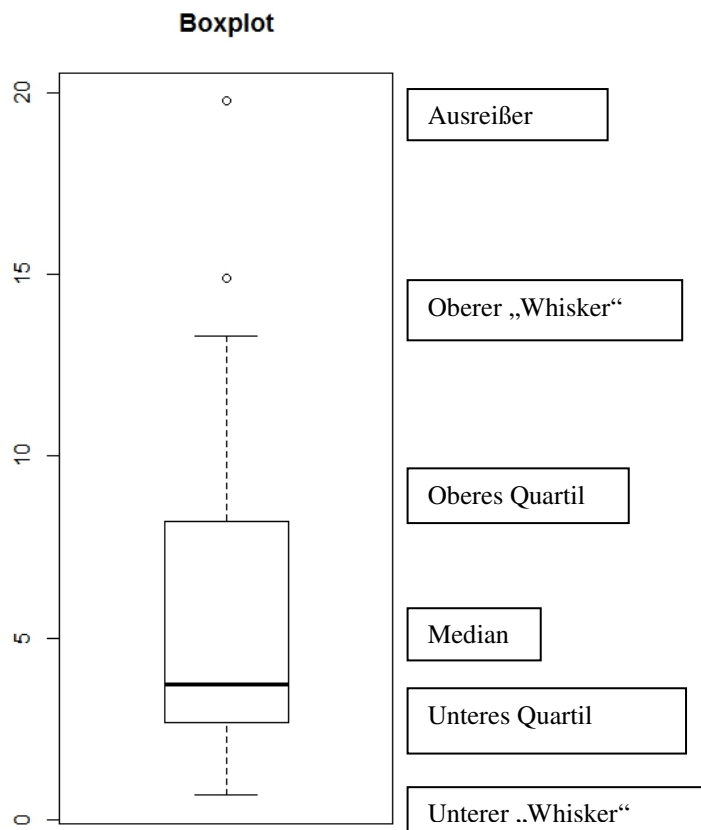
Die Daten wurden deskriptiv mit Hilfe des statistischen Programms SPSS® Software Version 12 (SPSS®, Chicago, Illinois, USA) analysiert.

Für die Berechnung der Unterschiede in Bezug auf Schlafdauer, subjektive Aufmerksamkeit (SSS), objektives Müdigkeitsniveau (PUI), Cortisolkonzentration im Speichel, die Basis-VR-Leistungen („cutting“ und „clip applying“), die kognitiven Leistungen (anspruchsvolle VR-Aufgaben „intracorporal suturing“, „VR-cholecystectomy“, D2-Durchstreichtest) zu den Zeitpunkten vor einem 24-Stunden Dienst, nach einem 24-Stunden Dienst und nach einer Erholungszeit von mindestens 12 Stunden wurde der Kruskal-Wallis Test verwendet. Die gewonnen Daten wurden als arithmetisches Mittel  $\pm$  Standardabweichung dargestellt. Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen wurden anhand des Mann-Whitney-U-Tests und des t-Tests für unverbundene Stichproben analysiert. Dabei galt ein p-Wert  $<0.05$  als statistisch signifikant.

Das Signifikanzniveau wurde wie folgt festgelegt:

- nicht signifikant (n.s.)                       $p > 0,05$
- signifikant (\*)                                       $p < 0,05$
- sehr signifikant (\*\*)                               $p < 0,01$
- höchst signifikant (\*\*\*)                       $p < 0,001$

### 3.7.1 Bildliche Darstellung



**Abb. 16: Beispiel eines Boxplots.**

*Wir verwendeten diese Form zur Darstellung der statistischen Verteilung metrischer Daten.*

*Zur Interpretation eines Boxplots dienen folgende Beschreibungen:*

*Box: repräsentiert den Bereich, in dem 50% der Daten liegen*

*Oberes und Unteres Quartil: begrenzen die Box, entsprechend der 25. und 75. Perzentile*

*Median: entspricht der 50. Perzentile*

*„Whiskers“: repräsentieren den größten und den kleinsten Wert*

*Ausreißer: Extremwerte*

### **3.7.2 Hypothesengenerierung**

H0-Hypothese: 24-Stunden Bereitschaftsdienste beeinträchtigen weder die chirurgische Leistung noch die kognitiven Fähigkeiten, noch verändern sie objektive biophysiological Parameter oder die subjektive Wahrnehmung von Müdigkeit.

H1-Hypothese: 24-Stunden Bereitschaftsdienste beeinträchtigen die chirurgische Leistung, kognitive Fähigkeiten und verändern die objektiven biophysiological Parameter und die subjektive Wahrnehmung von Müdigkeit.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Demographie

38 Ärzte und Studenten der Klinik für Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, Standort Marburg nahmen an der Studie teil. Die Gruppe der Teilnehmer bestand aus Ärzten unterschiedlicher Ausbildungsgrade und wurde entsprechend dem Erfahrungsgrad in der laparoskopischen Chirurgie in drei verschiedene Subgruppen eingeteilt. Die Gesamtgruppe bestand aus vier Oberärzten, die jeweils über 100 laparoskopische Cholezystektomien durchgeführt hatten, sechs Fachärzten, die bereits 20-100 laparoskopische Cholezystektomien durchgeführt hatten, neun Ärzten im 1.-3. Ausbildungsjahr mit 0-10 durchgeführten laparoskopischen Cholezystektomien und 19 Studenten im praktischen Jahr, welche bis zum Studienbeginn noch keine eigenständigen laparoskopischen Operationen durchgeführt hatten, jedoch Erfahrung in der Kameraführung bei laparoskopischen Operationen besaßen. Alle Teilnehmer mussten unabhängig von ihrem Dienstgrad, als Voraussetzung mindestens 10 Basis-VR-Aufgaben mit dem VR-Simulator LapSim® sowie weitere 5 Sitzungen fortgeschrittener VR-Aufgaben durchführen.

Die Geschlechterverteilung war relativ ausgewogen. Mit 20 Männern und 18 Frauen, waren die Männer in minimaler Überzahl. Die genaue Geschlechterverteilung ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Das Alter variierte zwischen 24 und 48 Jahren, mit im Durchschnitt 30,34 Jahren ( $30 \pm 6,59$  Jahre). Auch hier sind die genauen Altersverteilungen der Tabelle 2 zu entnehmen.

**Tabelle 2: Demographische Daten.**

*Darstellung der Alters- und Geschlechterverteilung und des chirurgischen Erfahrungslevels der Gesamtgruppe sowie die Einteilung in die drei Subgruppen abhängig vom Dienstgrad.*

*(m = männlich, w = weiblich, Ø = im Durchschnitt)*

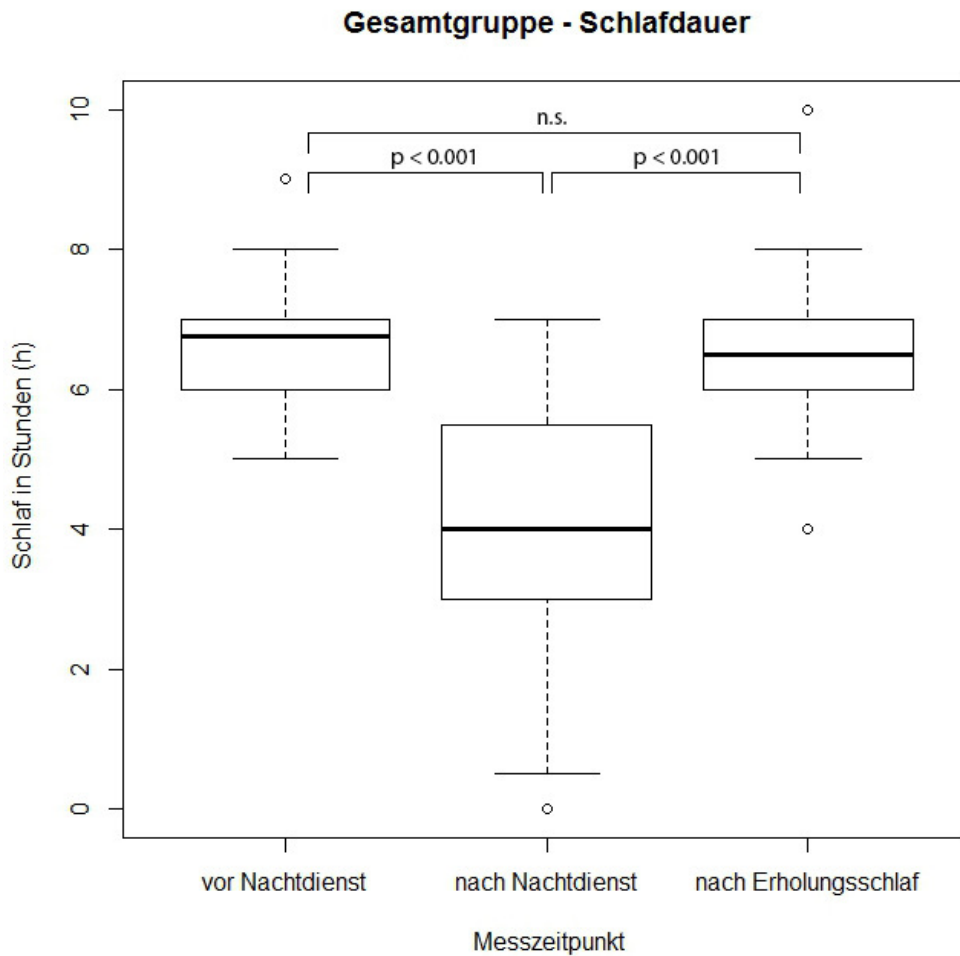
	Subgruppe 1	Subgruppe 2	Subgruppe 3		Gesamtgruppe
	Studenten im praktischen Jahr	2. Dienst (1. - 3. Ausbildungsjahr)	1. Dienst (Facharzt)	Oberarzt	Summe
<b>n</b>	19	9	6	4	38
<b>Geschlecht</b>	10 m : 9 w	3 m : 6 w	3 m : 3 w	4 m : 0 w	20 m : 18 w
<b>Alter (Jahren)</b>	Ø 25,95 (24 - 31)	Ø 30,11 (27 - 37)	Ø 34,83 (31 - 40)	Ø 45,00 (43 - 48)	Ø 30,34 (24 - 48)
<b>laparoskopische Erfahrung</b>	keine, Kameraführung bei lap. Cholezystektomien	0 - 10 lap. Cholezystektomien	20 - 100 lap. Cholezystektomien	> 100 lap. Cholezystektomien	/

## 4.2 Schlafdauer und subjektive Schläfrigkeit

### 4.2.1 Gruppenanalyse

#### 4.2.1.1 Schlafdauer

Die den Messzeitpunkten vorangegangene Schlafdauer wurde jeweils vor der Durchführung der einzelnen Aufgaben, zu den verschiedenen Messzeitpunkten, erfasst. Der Schlaf der Ärzte war vor den Nachtdiensten mit durchschnittlich  $6,7 \pm 1,00$  Stunden Schlaf vergleichbar mit dem Ausmaß des Erholungsschlafes mit im Durchschnitt  $6,47 \pm 0,94$  Stunden Schlaf. In der Nacht des Bereitschaftsdienstes verkürzte sich der Schlaf um durchschnittlich zwei Stunden auf  $4,09 \pm 1,74$  Stunden. Es lässt sich also eine signifikante Reduktion der Schlafdauer während des Bereitschaftsdienstes feststellen im Vergleich zu der Schlafdauer vor den Bereitschaftsdiensten und nach Erholungsschlaf ( $p < 0,001$ ) (Abb. 17).



**Abb. 17: Gesamtgruppe - Schlafdauer.**

In dieser Abbildung wird die Schlafdauer der Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten vor dem Nachtdienst, nach dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf dargestellt. Die Schlafdauer nach dem Nachtdienst war signifikant geringer im Vergleich zu den Messzeitpunkten vor dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

#### 4.2.1.2 Subjektive Schläfrigkeit (Stanford Sleepiness Scale (SSS))

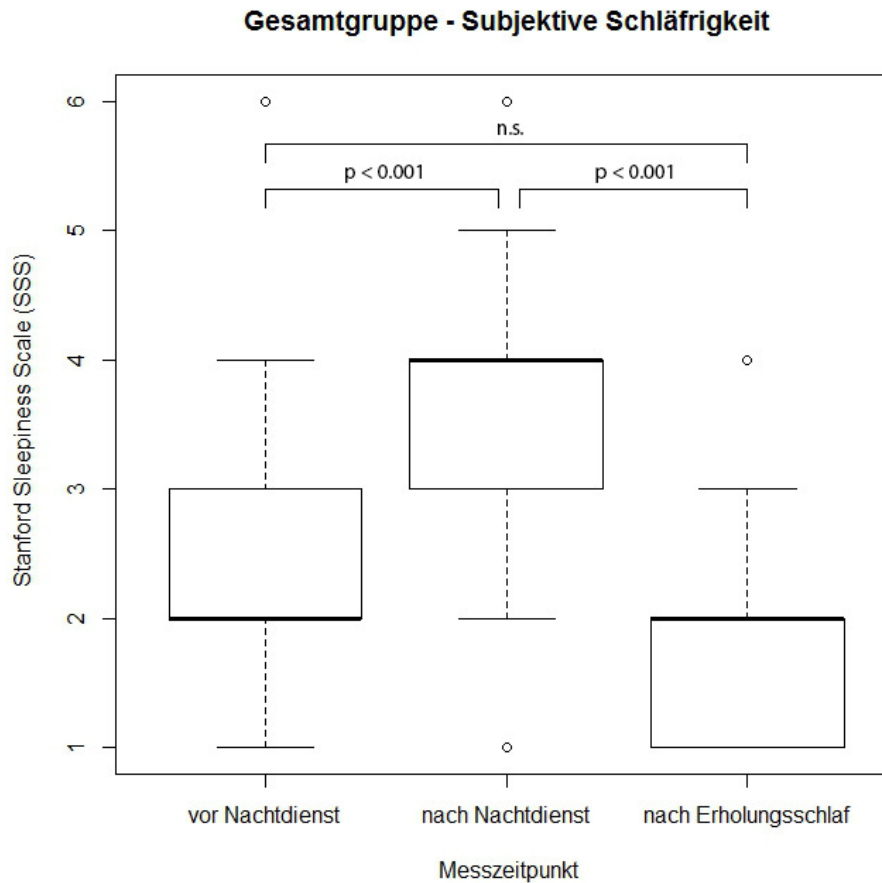
Die Auswertung der subjektiven Schläfrigkeit, gemessen anhand der SSS, zeigte eine signifikante Verschlechterung der subjektiven Aufmerksamkeit und somit eine Zunahme der Werte um ca. einen Punkt auf der Skala nach dem Nachtdienst im Vergleich zu der Angabe vor dem Nachtdienst ( $p < 0,001$ ).

Vor den Nachtdiensten wurde ein SSS-Wert von  $2,2 \pm 1,00$  und nach Erholungsschlaf ein SSS-Wert von  $1,9 \pm 0,77$  gemessen, sodass die subjektive Schläfrigkeit zu den Messzeitpunkten T1 und T3 für die Gesamtgruppe als gleichwertig einzustufen war ( $p = 0,16$ ).

Die Ergebnisse zeigten, dass sich die Studienteilnehmer zu den Zeitpunkten T1 und T3 subjektiv auf hohem Level funktionierend, jedoch nicht auf dem Höhepunkt fühlten, es ihnen jedoch möglich erschien, sich zu konzentrieren. Insgesamt zeigte sich in der gesamten Gruppe zum Zeitpunkt vor dem Bereitschaftsdienst, gegenüber dem Zeitpunkt nach Erholungsschlaf, kein signifikanter Unterschied in der Schlafdauer [h] ( $p = 0,32$ ) und der subjektiven Aufmerksamkeit [SSS-Skala] ( $p = 0,16$ ).

Zum Messzeitpunkt nach dem Bereitschaftsdienst [T2] ergab sich für die Gesamtgruppe eine signifikante Erhöhung des SSS-Wertes gegenüber den Werten zu den beiden anderen Zeitpunkten ( $p < 0,001$ ). Im Durchschnitt wurde in der Gesamtgruppe nach dem Nachtdienst ein Wert von  $3,6 \pm 1,1$  auf der SSS-Skala angegeben, welcher besagte, dass sich die Probanden wach und ruhig, verantwortlich, aber nicht vollkommen aufmerksam fühlten, bis hin zu leicht vernebeltem, reduziertem Geisteszustand (Abb. 18).





**Abb. 18: Gesamtgruppe - Subjektive Schläfrigkeit.**

In dieser Abbildung wird die Analyse der subjektiven Schläfrigkeit bezogen auf die Gesamtgruppe dargestellt. Die subjektive Aufmerksamkeit wurde mit Hilfe der standardisierten Stanford Sleepiness Scale, als subjektiver Parameter zur Evaluation des Schlafmangels, erfasst. Die Ergebnisse zeigten einen signifikanten Anstieg der subjektiven Schläfrigkeit nach dem Nachtdienst im Vergleich zu den anderen Messzeitpunkten. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

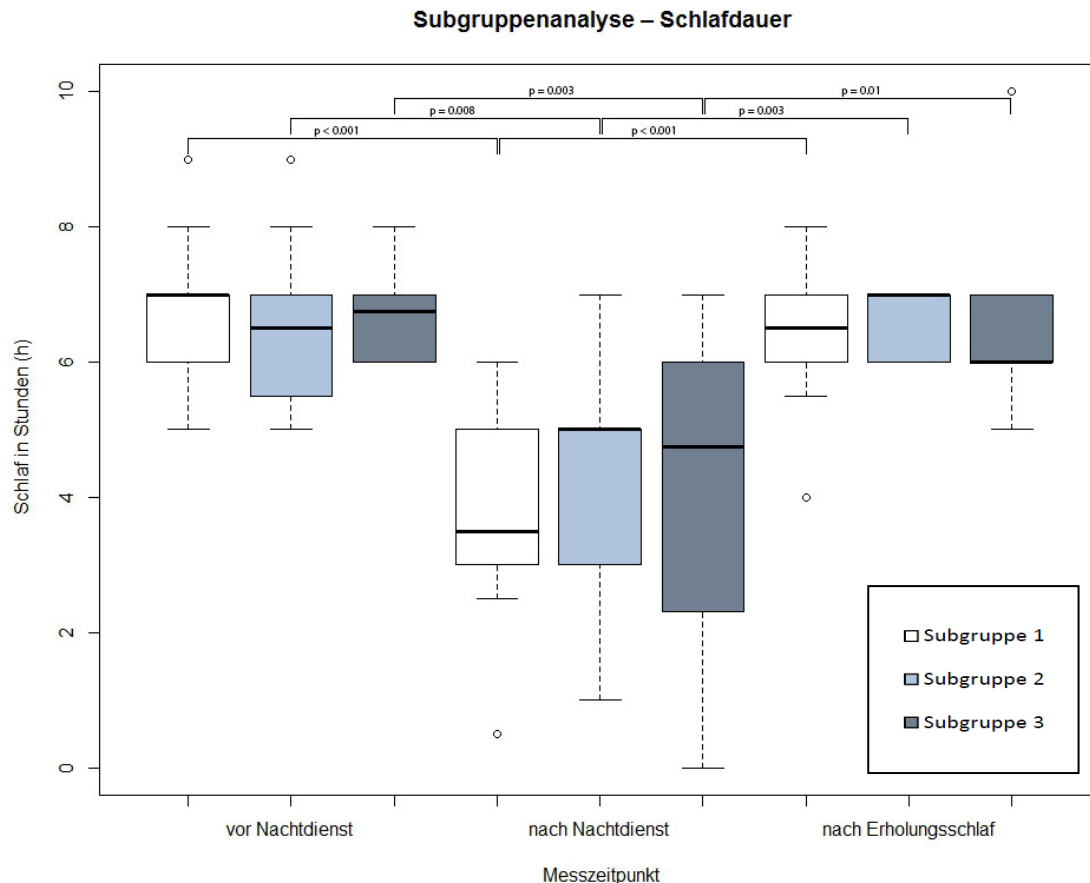
## 4.2.2 Subgruppenanalyse

### 4.2.2.1 Schlafdauer

Bezüglich der einzelnen Subgruppen in Abhängigkeit vom Dienstgrad zeigte sich zu keinem Zeitpunkt (T1, T2 oder T3) ein signifikanter Unterschied in der Schlafdauer zwischen den Gruppen. Als Beispiel für den Messzeitpunkt nach Bereitschaftsdienst war die Schlafdauer in den einzelnen Subgruppen wie folgt: Subgruppe 1 (PJ-Studenten):  $3,9 \pm 1,46$  h, Subgruppe 2 (Assistenzärzte):  $4,39 \pm 1,76$  h und Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte):  $4,18 \pm 2,29$  h. Innerhalb der einzelnen Subgruppen zeigte sich, wie auch schon bei der Gruppenanalyse, eine signifikante Schlafreduktion während des Nachtdienstes, im Vergleich zu den Zeitpunkten vor dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf (Abb. 19).

Eine Subgruppen-unabhängige Analyse entsprechend des Dienstgrades ermittelte, dass vor allem die Fachärzte, die für den 1. Dienst eingeteilt waren, das größte Ausmaß an der Schlafreduktion während des Nachtdienstes in Kauf nehmen mussten. Sie schliefen im Vergleich zu 7 Stunden vor dem Nachtdienst während des Nachtdienstes etwa 4 Stunden weniger, sodass sie eine durchschnittliche Schlafdauer von 3,33 Stunden während der Bereitschaftsdienste erreichten.

Die Oberärzte durften während des Nachtdienstes am meisten schlafen (durchschnittlich 5,38 Stunden). Sie schliefen damit ca. zwei Stunden mehr als die Fachärzte und ca. eine Stunde mehr als die Studenten im praktischen Jahr oder die Ärzte im 1.-3. Ausbildungsjahr. Die beiden letztgenannten Gruppen hatten eine im Durchschnitt fast übereinstimmende Schlafdauer von 4,00 respektive 4,09 Stunden nach dem Nachtdienst.



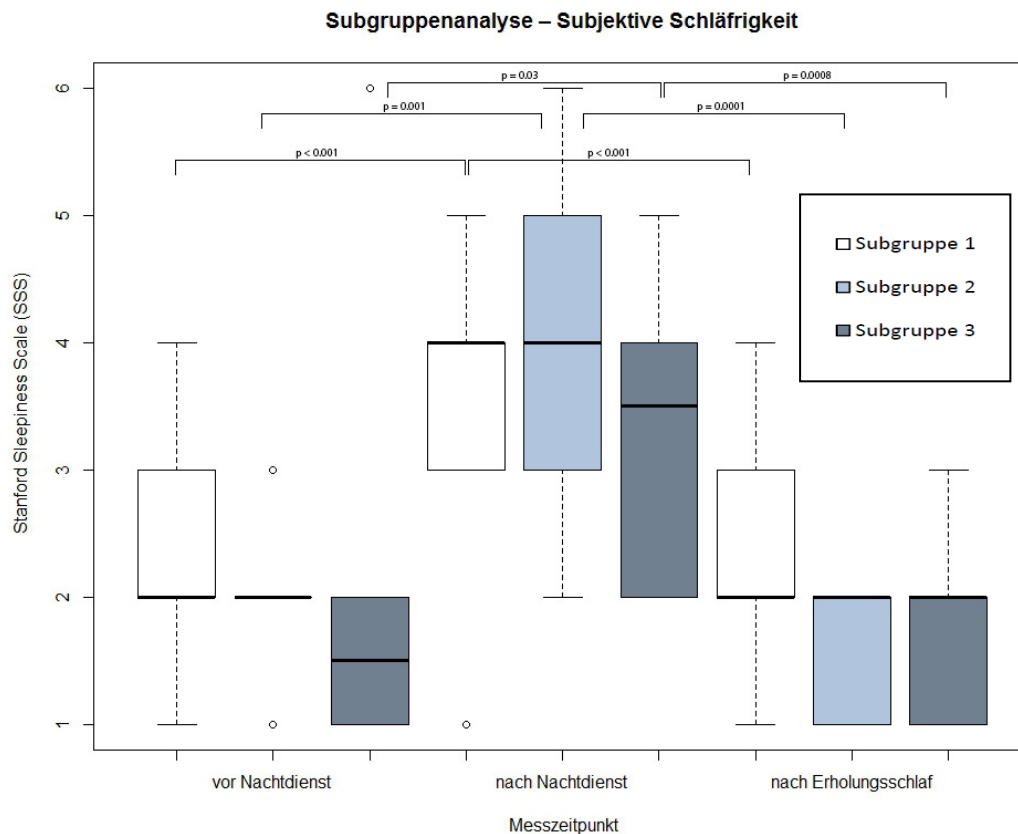
**Abb. 19: Subgruppenanalyse – Schlafdauer.**

Darstellung der Schlafdauer in der Subgruppenanalyse zu den Messzeitpunkten vor und nach dem Nachtdienst sowie nach Erholungsschlaf. Dabei konnte kein signifikanter Unterschied in der Schlafdauer zwischen den einzelnen Subgruppen ermittelt werden. Innerhalb der eigenen Gruppe zeigt sich in allen drei Subgruppen eine signifikante Schlafreduktion zum Messzeitpunkt nach Nachtdienst. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ-Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).

#### 4.2.2.2 Subjektive Schläfrigkeit - Stanford Sleepiness Scale (SSS)

Bezüglich der subjektiven Schläfrigkeit, ermittelt anhand der SSS, ergaben sich auch in der Subgruppenanalyse im Vergleich vor dem Bereitschaftsdienst zu nach Erholungsschlaf sowie am Morgen nach dem Bereitschaftsdienst keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse zwischen den einzelnen Gruppen (Abb. 20). Innerhalb der jeweiligen Subgruppen zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der subjektiven Schläfrigkeit im Vergleich vor Bereitschaftsdienst und nach Erholungsschlaf zu dem Zeitpunkt nach Bereitschaftsdienst (Abb. 20).

Betreffend der Schlafdauer und der subjektiven Aufmerksamkeit lässt sich also eine negative Korrelation feststellen: Ärzte gaben mit sinkender Schlafdauer einen höheren Wert auf der SSS an.



**Abb. 20: Subgruppenanalyse – Subjektive Schläfrigkeit.**

Dargestellt ist die subjektive Schläfrigkeit entsprechend der Stanford Sleepiness Scale (SSS) in der Subgruppenanalyse. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Subgruppen. Innerhalb der einzelnen Subgruppen wird zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst ein signifikant höherer Wert auf der SSS-Skala angegeben, als zu den Zeitpunkten vor dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ-Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).

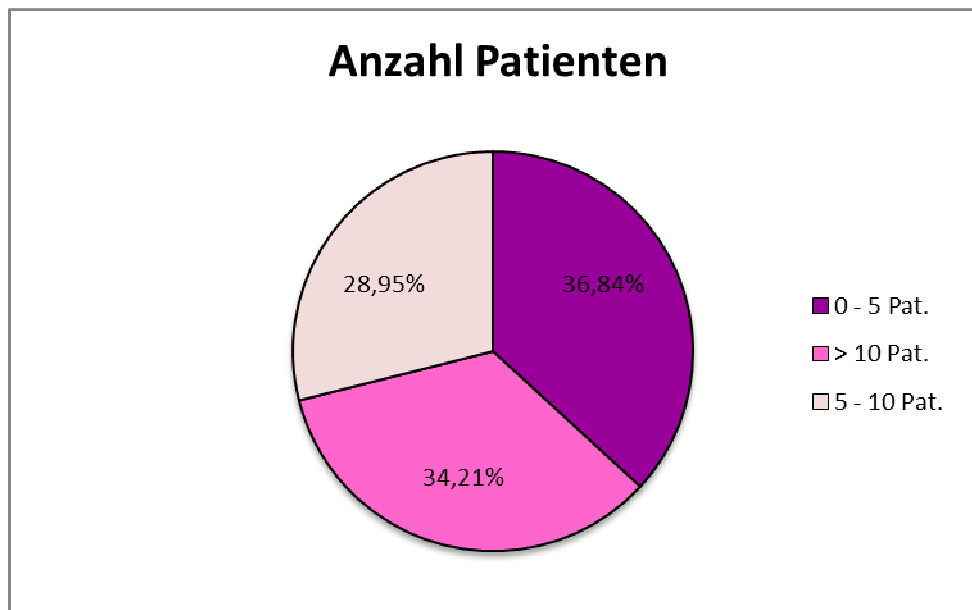
## 4.3 Fragebogen

Anhand des Fragebogens wurden nicht nur allgemeine Fragen, wie „Geschlecht“, „Alter“ oder „Dienstgrad“ erfasst, sondern zusätzlich erneut die „Schlafdauer“ während des Nachtdienstes, die „Anzahl der behandelten Patienten“ sowie die „Aufenthaltszeit im Operationssaal“ während des Nachtdienstes. Zusätzlich wurden der „Konsum von aufputschenden Mitteln“ sowie regelmäßige „sportliche Aktivitäten“ in der Freizeit, zum Ausgleich des Berufslebens, erfragt.

### 4.3.1 Gruppenanalyse

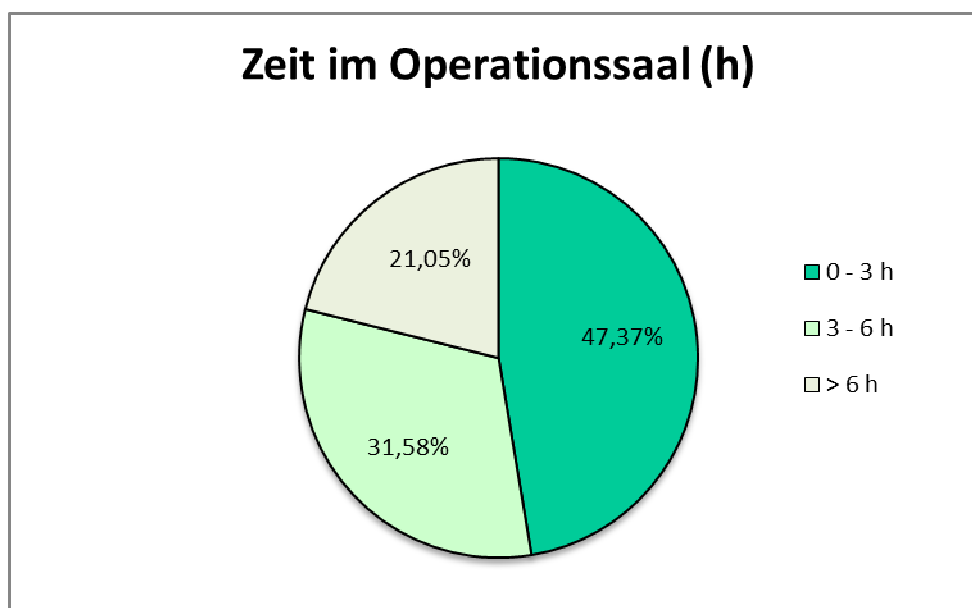
Den Konsum von Kaffee als aufputschendes Nahrungsmittel während des Nachtdienstes bejahten 47,37% der Probanden. 21,05% rauchten während des Nachtdienstes. Insgesamt gaben 31,58% der Probanden an, während des Nachtdienstes mehr Kaffee und/oder Zigaretten zu konsumieren, als an Tagen ohne Nachtdienst.

36,84% der Probanden behandelten 0-5 Patienten in der Nacht, 28,95% sahen 5-10 Patienten und 34,21% kümmerten sich um >10 Patienten während des Nachtdienstes (Abb. 21). Die Aufenthaltsdauer im Operationssaal wurde von 47,37% mit 0-3 h angegeben. 31,58% verbrachten 3-6 h ihres Nachtdienstes im Operationssaal und 21,05% hielten sich während des Nachtdienstes mehr als 6 h im Operationssaal auf (Abb. 22).



**Abb. 21: Arbeitspensum – Anzahl behandelter Patienten.**

*In dieser Abbildung ist das Arbeitspensum bezüglich der Anzahl der behandelten Patienten während des Nachtdienstes als prozentualer Anteil der Gesamtgruppe dargestellt.*



**Abb. 22: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal.**

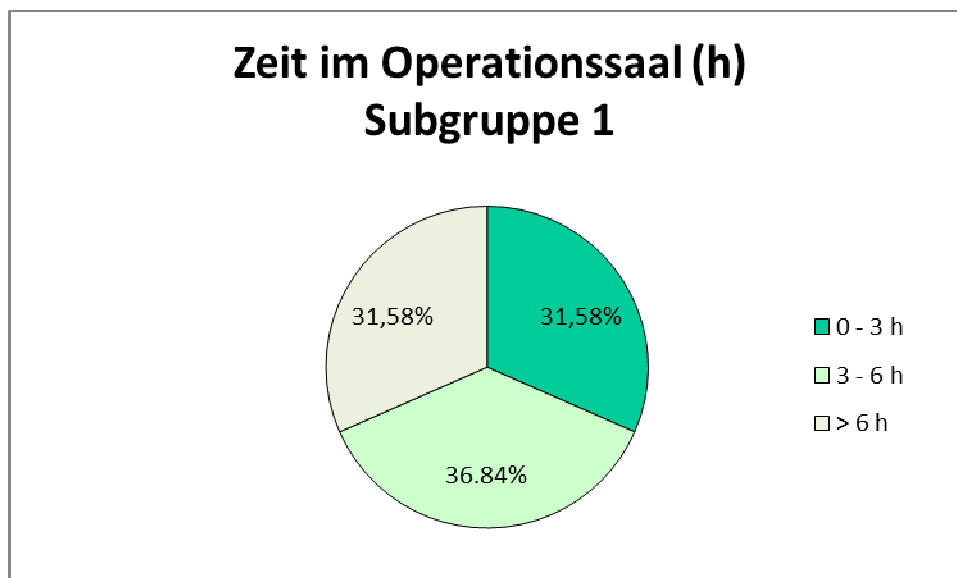
*Diese Abbildung stellt das Arbeitspensum während des Nachtdienstes unter Berücksichtigung der im Operationssaal verbrachten Zeit in Stunden (h) als prozentualen Anteil der Gesamtgruppe dar.*

### 4.3.2 Subgruppenanalyse

Zusätzlich erfolgte die Analyse des Arbeitspensums bezogen auf die einzelnen Subgruppen. Die Subgruppe 1 verbrachte in 31,58% 0-3 h im Operationssaal, 36,84% gaben an 3-6 h während des Nachtdienstes im Operationssaal verbracht zu haben und 31,58% gaben an über 6 h im Operationssaal tätig gewesen zu sein (Abb. 23). Insgesamt konnte innerhalb der Subgruppe 1 keine Tendenz zu längerem oder kürzerem Aufenthalt im Operationssaal dargestellt werden.

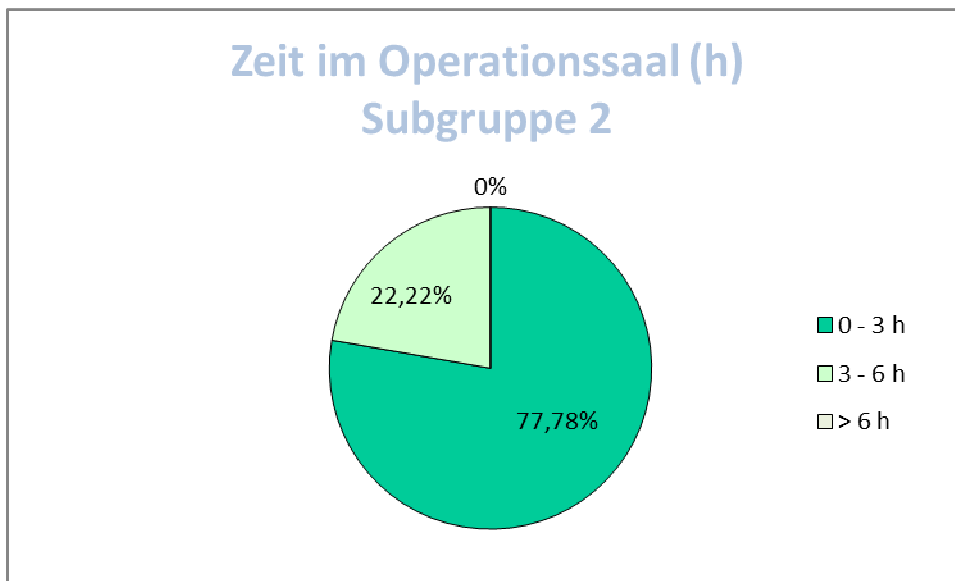
Die Subgruppe 2 verbrachte zum größten Teil 0-3 h im Operationssaal (77,78%). Nur 22,22% gaben an sich während des Nachtdienstes 3-6 h im Operationssaal aufgehalten zu haben. In keinem Fall wurden durch die Subgruppe 2 längere Operationen von über 6 h Dauer durchgeführt (Abb. 24).

Bei der Analyse der nächtlichen Aufenthaltsdauer im Operationssaal bezogen auf die Subgruppe 3 zeigte sich ebenfalls, wie schon bei der Subgruppe 2, eine Tendenz zu kurzem Operationssaal-Aufenthalt während des Nachtdienstes. 50% der Teilnehmer in der Subgruppe 3 hielten sich während ihres Nachtdienstes 0-3 h im Operationssaal auf, 30% 3-6 h und 20% mehr als 6 h (Abb. 25).



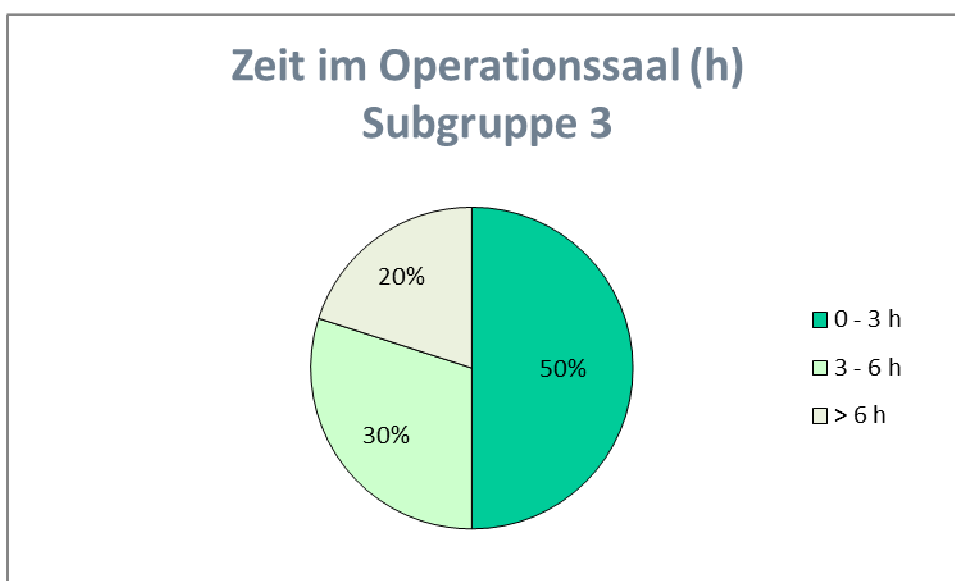
**Abb. 23: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal: Subgruppe 1.**

*Diese Abbildung zeigt das Arbeitspensum während des Nachtdienstes unter Berücksichtigung der im Operationssaal verbrachten Zeit in Stunden (h) als prozentualen Anteil der Subgruppe 1 (Studenten im praktischen Jahr).*



**Abb. 24: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal: Subgruppe 2.**

*In dieser Abbildung ist das Arbeitspensum während des Nachtdienstes unter Berücksichtigung der im Operationssaal verbrachten Zeit in Stunden (h) als prozentualer Anteil der Subgruppe 2 (Assistenzärzte im ersten bis fünften Jahr der Facharztausbildung) dargestellt.*



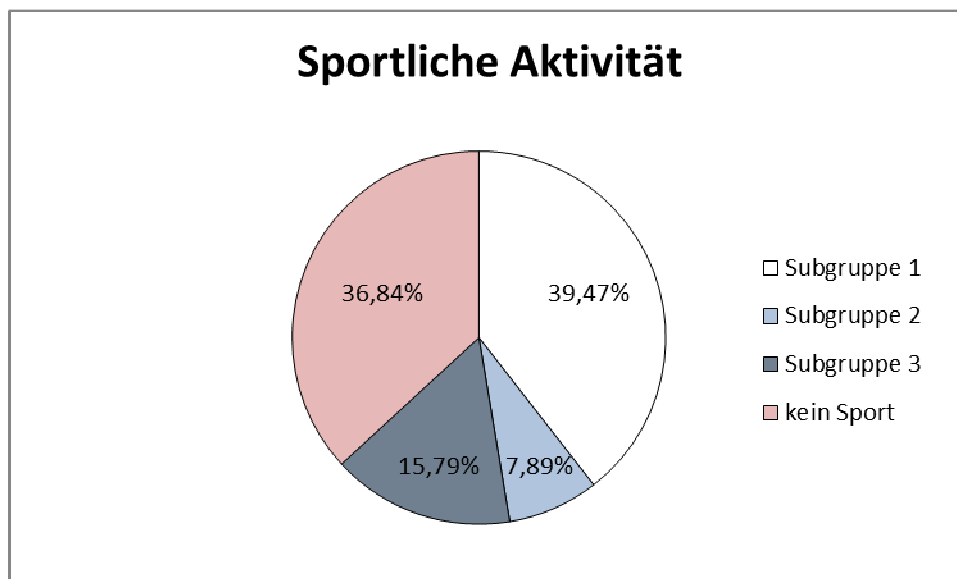
**Abb. 25: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal: Subgruppe 3.**

*Diese Abbildung veranschaulicht das Arbeitspensum während des Nachtdienstes unter Berücksichtigung der im Operationssaal verbrachten Zeit in Stunden (h) als prozentualen Anteil der Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte).*

Insgesamt 63,16% aller Teilnehmer gaben regelmäßige sportliche Tätigkeiten in der Freizeit als Kompensation zum Arbeitsleben an. Davon übten 28,95% eine einzelne Sportart aus, 34,21% führten mehr als eine Sportart aus.



Insgesamt gaben 36,84% der Teilnehmer an, in ihrer Freizeit keinen Sport auszuüben (Abb. 26). Die Teilnehmer durften zwischen zehn Sportarten auswählen. Diese waren Joggen, Radfahren, Fitnessstudio, Fußball, Basketball, Volleyball, Tennis/Squash, Golf, Segeln, Fallschirmspringen. Darüber hinaus stand es den Teilnehmern unter der Kategorie „Sonstige“ frei andere Sportarten zu nennen, welche ihrer sportlichen Aktivität entsprachen. Dabei wurde mit 58,33% am häufigsten Joggen angegeben, dahinter mit 33,33% der Besuch eines Fitnessstudios und mit jeweils 25% wurden Radfahren und Fußballspielen als Freizeitausgleich genannt. Bei näherer Analyse der einzelnen Subgruppen im Vergleich übte die Subgruppe 1 mit 39,47% deutlich mehr Sport aus als die Subgruppe 2 mit 7,89% und die Subgruppe 3 mit 15,79% (Abb. 26). Untersucht haben wir ebenfalls die Geschlechterverteilung in Bezug auf die sportliche Aktivität in der Freizeit. Dabei konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. 61,11% der weiblichen und 65% der männlichen Teilnehmer gaben an, regelmäßig Sport zu treiben.



**Abb. 26: Sportliche Aktivität in der Freizeit.**

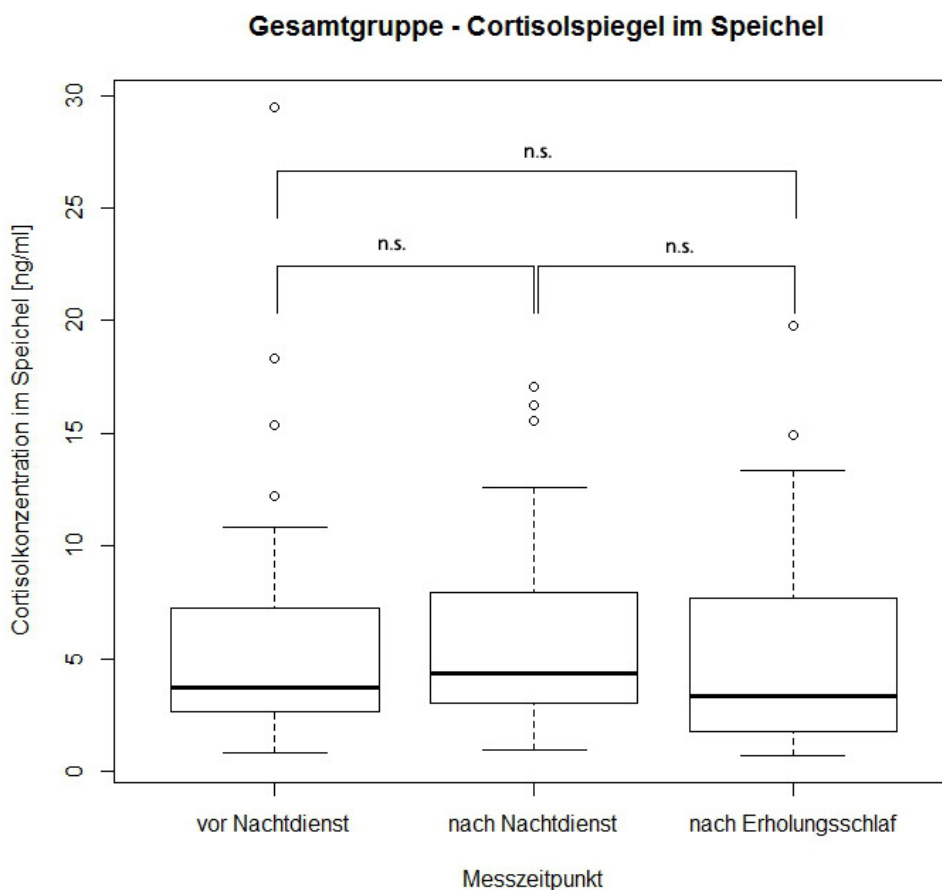
*In dieser Abbildung wird die sportliche Aktivität als Ausgleich für die tägliche Arbeit als prozentualer Anteil angegeben. Dabei erfolgte eine Unterteilung in die einzelnen Subgruppen sowie der prozentuale Anteil der Verneinung von sportlicher Aktivität in der Gesamtgruppe. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ-Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).*

## 4.4 Physiologische/biochemische Veränderungen

### 4.4.1 Cortisolkonzentration im Speichel

#### 4.4.1.1 Gruppenanalyse

Die Cortisolkonzentration in ng/ml unterschied sich zu keinem Zeitpunkt bezogen auf die Gesamtpopulation. Sie betrug zum Zeitpunkt vor dem Nachtdienst  $5,70 \pm 5,51$  ng/ml, zum Zeitpunkt unmittelbar nach Bereitschaftsdienst  $5,99 \pm 4,29$  ng/ml und bei der Messung nach Erholungsschlaf  $5,12 \pm 4,54$  ng/ml (Abb. 27).



**Abb. 27: Gesamtgruppe - Cortisolspiegel im Speichel.**

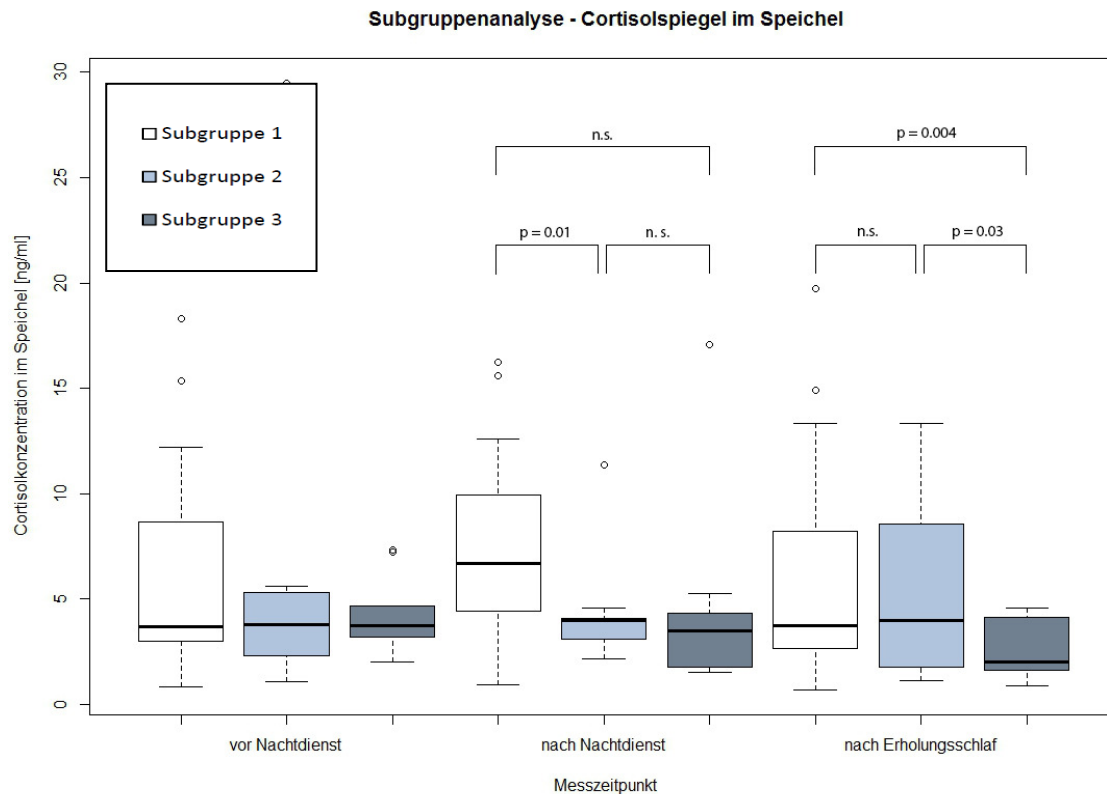
Cortisol im Speichel diente als objektivierbarer biochemischer Marker von mit dem Nachtdienst verbundenen Auswirkungen wie Stress und Schlafmangel. Eine signifikante Veränderung der Cortisolkonzentration im Speichel konnte, bezogen auf die Gesamtgruppe, zu keinem Zeitpunkt ermittelt werden. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

#### 4.4.1.2 Subgruppenanalyse

Auch in der Subgruppenanalyse konnte, wie schon bei der Gruppenanalyse, zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied der Cortisolkonzentrationen im Speichel zwischen den verschiedenen Messzeitpunkten festgestellt werden. Interessanterweise war der Cortisolspiegel im Speichel in der Subgruppe 1 (Studenten im Praktischen Jahr) zu jedem Messzeitpunkt am höchsten. Innerhalb der Subgruppe zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten. Zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] war die Konzentration in der Subgruppe 1 mit  $7,52 \pm 4,24$  ng/ml im Vergleich zu der Subgruppe 2 mit  $4,34 \pm 2,6$  ng/ml und der Subgruppe 3 mit  $4,55 \pm 4,34$  ng/ml, signifikant am höchsten ( $p = 0,01$ ) (Abb. 28).

Ein weiterer signifikanter Unterschied zeigte sich in der Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte) zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf [T3] ( $p = 0,004$ ). Die Subgruppe 3 hatte im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen mit  $2,50 \pm 1,27$  ng/ml einen deutlich niedrigeren Cortisolspiegel im Speichel nach Erholungsschlaf (Abb. 28).

Innerhalb der eigenen Gruppe wies die Subgruppe 3 unter Berücksichtigung aller Messzeitpunkte zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf [T3] signifikant niedrigere Cortisolwerte im Speichel auf als zu den Zeitpunkten vor [T1] und nach dem Nachtdienst [T2] (Subgruppe 3: [T1]  $4,17 \pm 1,70$  ng/ml, [T2]  $4,54 \pm 4,34$  ng/ml, [T3]  $2,50 \pm 1,27$  ng/ml,  $p = 0,029$ ). Eine detaillierte Gegenüberstellung der einzelnen Ergebnisse der Cortisolkonzentrationen zu den verschiedenen Messzeitpunkten und bezüglich der verschiedenen Subgruppen sind der Tabelle 3 zu entnehmen.



**Abb. 28: Subgruppenanalyse - Cortisolspiegel im Speichel.**

Innerhalb der einzelnen Subgruppen konnte zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Veränderung ermittelt werden. In der Subgruppe 1 konnte im Vergleich zu den anderen beiden Subgruppen, zu jedem Messzeitpunkt ein erhöhter Cortisolspiegel im Speichel nachgewiesen werden. Zum Zeitpunkt T2 zeigte die Subgruppe 1 eine signifikant höhere Cortisolkonzentration als die Subgruppe 3. Zum Zeitpunkt T3 zeigte die Subgruppe 3 im Vergleich zu der Subgruppe 1 ( $p = 0,004$ ) und der Subgruppe 2 ( $p = 0,03$ ) eine signifikant niedrigere Cortisolkonzentration im Speichel. Die Gesamtgruppe wurde unterteilt in die Subgruppe 1 (PJ- Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ) und Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ). Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

**Tabelle 3: Cortisolkonzentration im Speichel.**

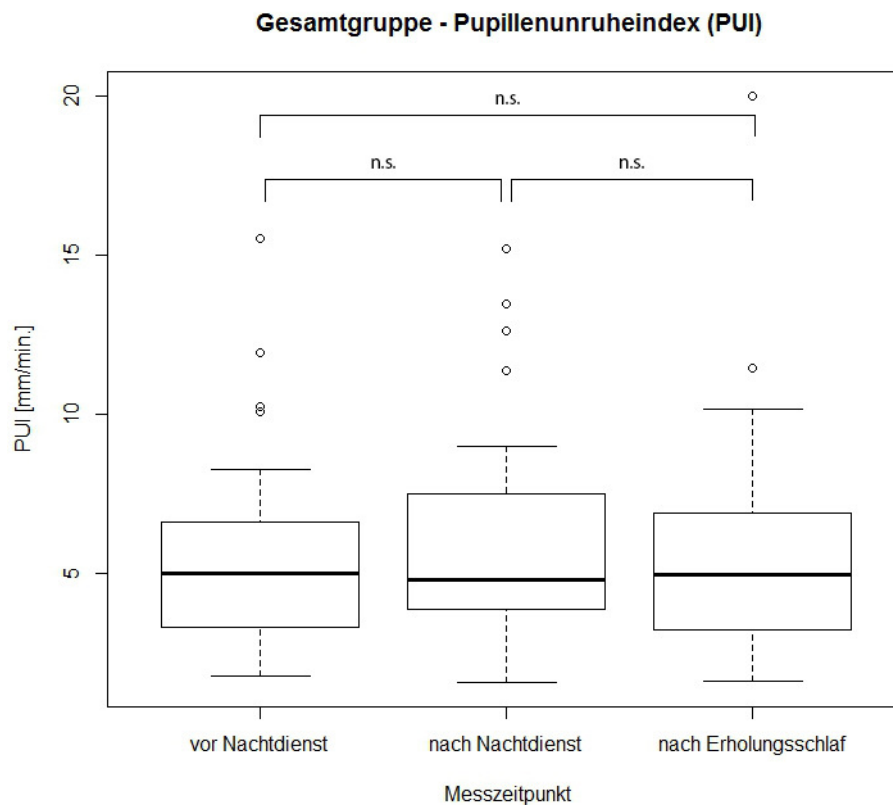
*Cortisolkonzentration im Speichel zu den einzelnen Messzeitpunkten. Gegenüberstellung der Ergebnisse der Gesamtgruppe und der drei Subgruppen. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .*

	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz - Messzeitpunkte
Cortisolkonzentration im Speichel ng/ml - Gesamtgruppe (n = 38)	5,70 ± 5,51	5,99 ± 4,29	5,12 ± 4,54	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
Cortisolkonzentration im Speichel ng/ml - Subgruppe 1 (PJ-Studenten, n = 19)	6,24 ± 4,80	7,52 ± 4,24	6,21 ± 5,11	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
Cortisolkonzentration im Speichel ng/ml - Subgruppe 2 (Assistenzärzte, n = 9)	6,27 ± 8,34	4,34 ± 2,60	5,73 ± 4,18	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
Cortisolkonzentration im Speichel ng/ml - Subgruppe 3 (Fachärzte/Oberärzte, n = 10)	4,17 ± 1,70	4,54 ± 4,34	2,50 ± 1,27	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,029^*$

## 4.4.2 Pupillographischer Schläfrigkeitstest (PUI)

### 4.4.2.1 Gruppenanalyse

Durch den pupillographischen Schläfrigkeitstest konnte in der Gruppenanalyse kein signifikanter Unterschied im PUI zu den einzelnen Messzeitpunkten ermittelt werden (Abb. 29). Zum Zeitpunkt vor dem Nachtdienst [T1] zeigte die Gesamtgruppe einen PUI-Wert von  $5,58 \pm 3,04$  mm/min, zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] von  $5,93 \pm 3,26$  mm/min und zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf [T3] von  $5,57 \pm 3,5$  mm/min (Tabelle 4).



**Abb. 29: Gesamtgruppe – Pupillenunruheindex (PUI).**

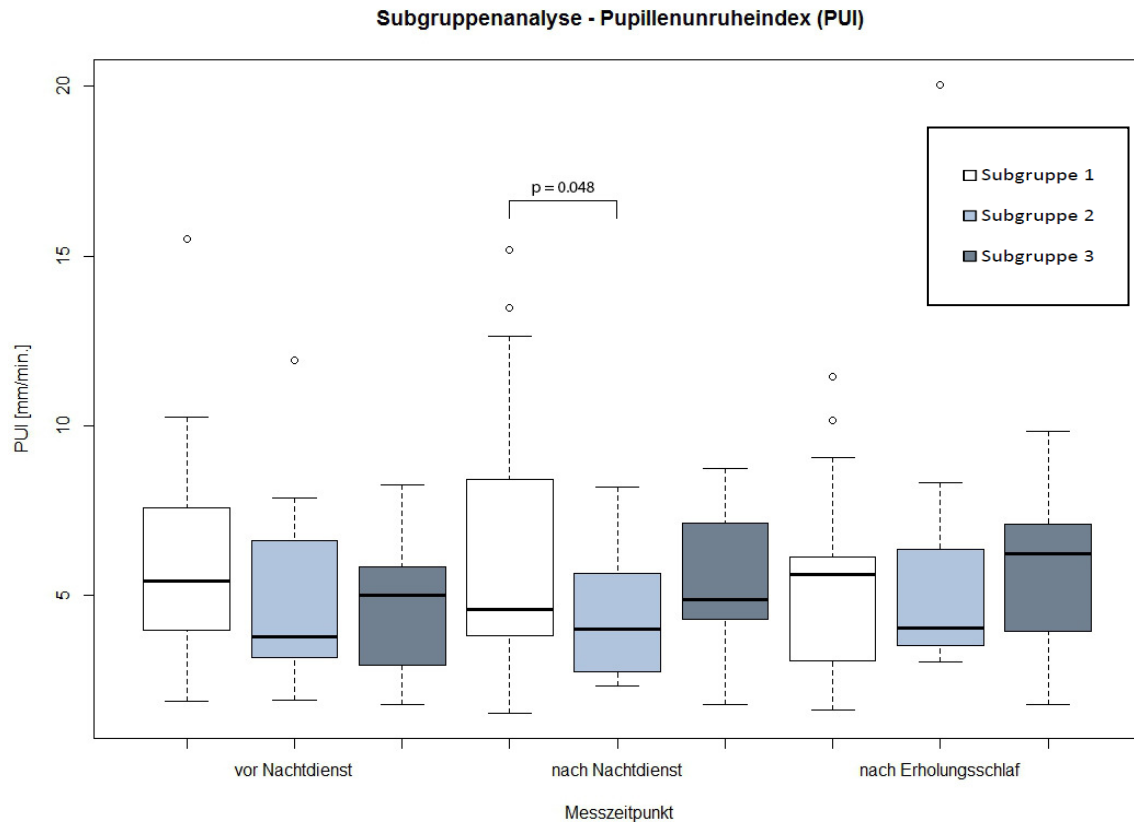
Diese Abbildung zeigt die Erfassung des Pupillenunruheindex zur Objektivierung der Schläfrigkeit bezogen auf die Gesamtgruppe zu den Messzeitpunkten vor Nachtdienst, nach Nachtdienst und nach Erholungsschlaf. Es zeigte sich zu keinem Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied bezogen auf die Gesamtgruppe. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

#### 4.4.2.2 Subgruppenanalyse

In der Subgruppenanalyse konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied der PUIs zwischen den einzelnen Messzeitpunkten ermittelt werden. In der Subgruppe 1 wurde ein PUI vor dem Nachtdienst [T1] mit  $6,29 \pm 3,30$  mm/min, zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] mit  $6,48 \pm 4,02$  mm/min und zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf [T3] mit  $5,24 \pm 2,75$  mm/min ermittelt. Im Vergleich dazu zeigte die Subgruppe 2 zum Zeitpunkt [T1] einen PUI von  $5,05 \pm 3,19$  mm/min, zum Zeitpunkt [T2] von  $4,47 \pm 2,14$  mm/min und zum Zeitpunkt [T3] von  $6,37 \pm 5,76$  mm/min. In der Subgruppe 3 ergaben sich folgende Indizes: [T1] =  $4,76 \pm 1,96$  mm/min, [T2] =  $5,47 \pm 2,19$  mm/min, [T3] =  $5,70 \pm 2,43$  mm/min.

Auffallend war, dass der PUI in der Subgruppe 1 zu jedem Zeitpunkt den höchsten Wert im Vergleich zu den beiden anderen Subgruppen erreichte. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant.

Lediglich im Vergleich des PUI der Subgruppe 1 zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst mit der Subgruppe 2 zum gleichen Zeitpunkt konnte ein signifikanter Unterschied ermittelt werden ( $p = 0,048$ ) (Abb. 30). Dabei zeigte die Subgruppe 1 zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst mit einem PUI von  $6,48 \pm 4,02$  mm/min einen deutlich höheren Wert und damit eine erhöhte Einschlafneigung als die Subgruppe 2 mit einem PUI von  $4,47 \pm 2,14$  mm/min. Die Subgruppe 2 hatte zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst insgesamt im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen den tiefsten PUI-Wert, auch wenn dieser Unterschied nur im Vergleich zu der Subgruppe 1 statistisch signifikant war ( $p = 0,048$ ) (Abb. 30).



**Abb. 30: Subgruppenanalyse – Pupillenunruheindex (PUI).**

Messung der objektiven Schläfrigkeit anhand des Pupillenunruheindex. Der PUI unterschied sich innerhalb der Subgruppen zu keinem Zeitpunkt signifikant. Zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst ergab sich ein signifikant höherer PUI-Wert in der Subgruppe 1 im Vergleich zu der Subgruppe 2, allerdings war dieser nicht signifikant unterschiedlich im Vergleich zu Subgruppe 3 zum selben Zeitpunkt. Ein höherer PUI-Wert entspricht einer höheren Einschlafneigung. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ-Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).



**Tabelle 4: Pupillenunruheindex (PUI).**

In dieser Tabelle wird der PUI zu den einzelnen Messzeitpunkten dargestellt. Aufgeführt sind die Ergebnisse der Gesamtgruppe und der drei Subgruppen. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
<b>Pupillenunruheindex (PUI) mm/min- Gesamtgruppe</b>	5,58 ± 3,04	5,93 ± 3,26	5,57 ± 3,51	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
<b>Pupillenunruheindex (PUI) mm/min - Subgruppe 1 (PJ-Studenten, n = 19)</b>	6,29 ± 3,30	6,48 ± 4,02	5,24 ± 2,75	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
<b>Pupillenunruheindex (PUI) mm/min - Subgruppe 2 (Assistenzärzte, n = 9)</b>	5,05 ± 3,19	4,47 ± 2,14	6,37 ± 5,76	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
<b>Pupillenunruheindex (PUI) mm/min - Subgruppe 3 (Fachärzte/Oberärzte, n = 10)</b>	4,76 ± 1,96	5,47 ± 2,19	5,70 ± 2,43	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.

## 4.5 Objektive Aufmerksamkeit

### 4.5.1 D2-Durchstreichtest

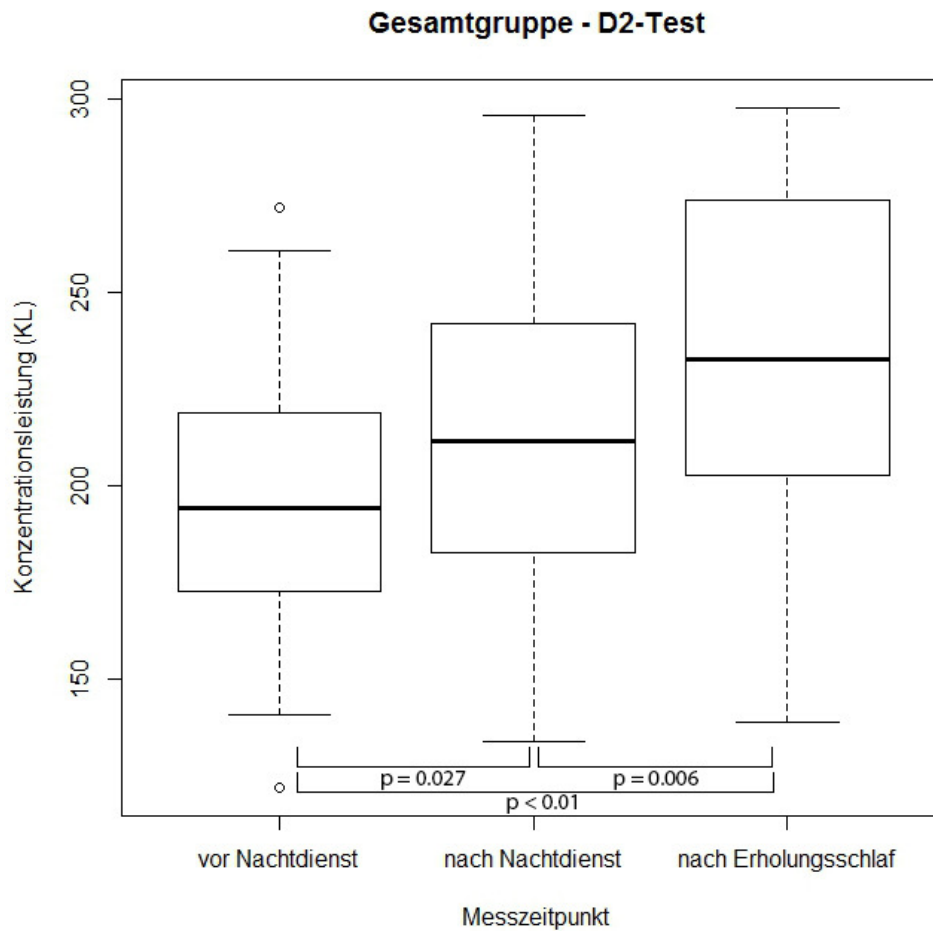
#### 4.5.1.1 Gruppenanalyse

In der Gesamtgruppenanalyse konnte eine signifikante Verbesserung der Konzentrationsleistung nach dem Nachtdienst im Vergleich zu vor dem Nachtdienst ermittelt werden. Die Konzentrationsleistung war am besten zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf [T3] (Abb. 31). Die einzelnen Werte der Analyse sind in Tabelle 5 aufgeführt. Eine graphische Übersicht über die Veränderungen der Konzentrationsleistungen und die Signifikanz dieser Unterschiede zeigt die Abbildung 31.

**Tabelle 5: D2-Durchstreichtest - Gesamtgruppe.**

*In dieser Tabelle werden die Werte der Konzentrationsleistung (KL) der Gesamtgruppe zu den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt.*

	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
Konzentrationsleistung (KL)	196,53 ± 34,79	214,5 ± 34,52	238,55 ± 39,90	T1 vs. T2 p= 0,027 * T2 vs. T3 p= 0,006** T1 vs. T3 p< 0,01**



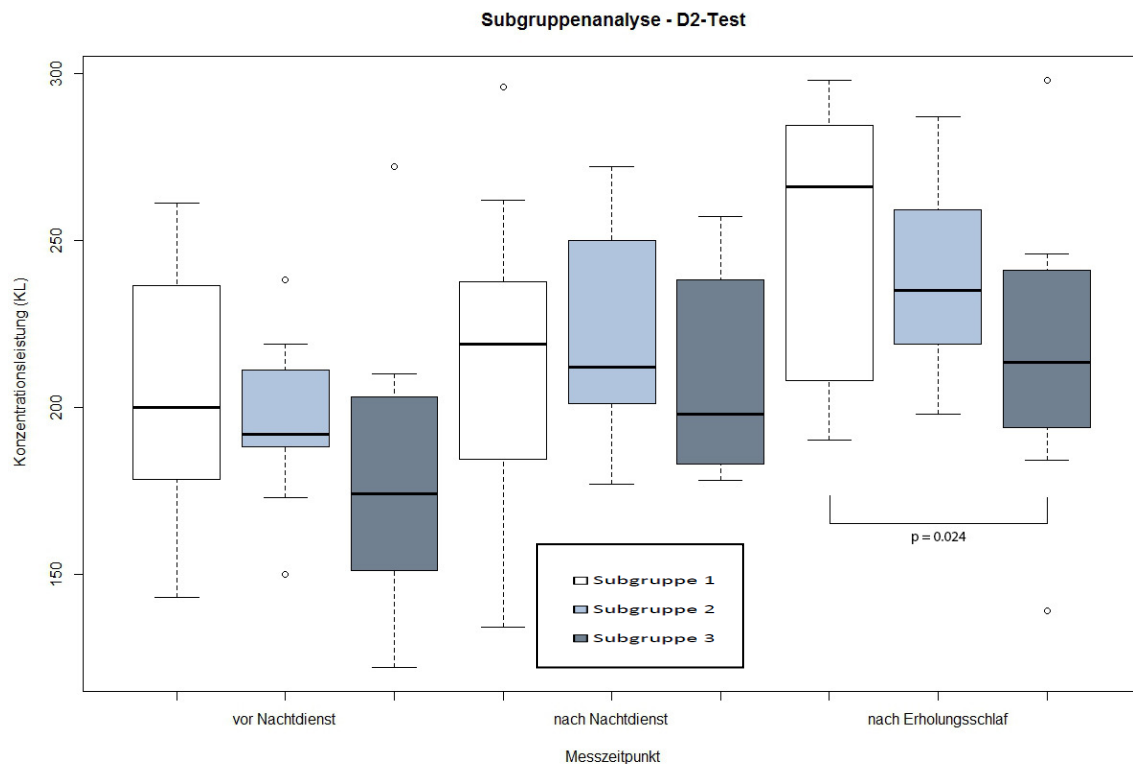
**Abb. 31: Gesamtgruppe D2-Test.**

Diese Abbildung bezieht sich auf die Ergebnisse des D2-Tests in der Gesamtgruppe. Die objektive Aufmerksamkeit, gemessen mit Hilfe des D2-Durchstreichtests, verbesserte sich nach dem Nachtdienst signifikant im Vergleich zu der Messung vor dem Nachtdienst. Eine weitere Steigerung der objektiven Aufmerksamkeit war zum Messzeitpunkt nach Erholungsschlaf zu verzeichnen.

#### 4.5.1.2 Subgruppenanalyse

In der Subgruppenanalyse konnten die Ergebnisse der Gesamtgruppenanalyse insofern bestätigt werden, dass sich in allen Subgruppen ein Trend zur stetigen Verbesserung im Verlauf der Messzeitpunkte zeigte. Eine Signifikanz konnte zwischen den einzelnen Gruppen jedoch zumeist nicht ermittelt werden.

Lediglich zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Subgruppen 1 und 3 ( $p = 0,024$ ) (Abb. 32). Dabei zeigte die Subgruppe 1 mit einer KL von  $250,32 \pm 38,75$  eine deutlich höhere Konzentrationsleistung als die Subgruppe 3 zum selben Zeitpunkt ( $KL\ 215,5 \pm 43,18$ ). Insgesamt konnte ein Trend zu einer höheren Konzentrationsleistung der Subgruppe 1 zu allen Messzeitpunkten im Vergleich zu den anderen beiden Subgruppen festgestellt werden. Dieser Trend war jedoch nicht statistisch signifikant (Abb. 32).



**Abb. 32: Subgruppenanalyse - D2-Test.**

In dieser Abbildung wird die objektive Aufmerksamkeit, gemessen mit Hilfe des D2-Durchstreichtests, in der Subgruppenanalyse veranschaulicht. Innerhalb der einzelnen Subgruppen ergab sich ein Trend zur stetigen Verbesserung, der jedoch nicht statistisch signifikant war. Zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst ergab sich im Vergleich der einzelnen Subgruppen zueinander ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied. Zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf zeigte die Subgruppe 1 eine signifikant höhere Konzentrationsleistung als die Subgruppe 3. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ-Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).

## 4.6 Technische Fähigkeiten - laparoskopische Leistung (LapSim®)

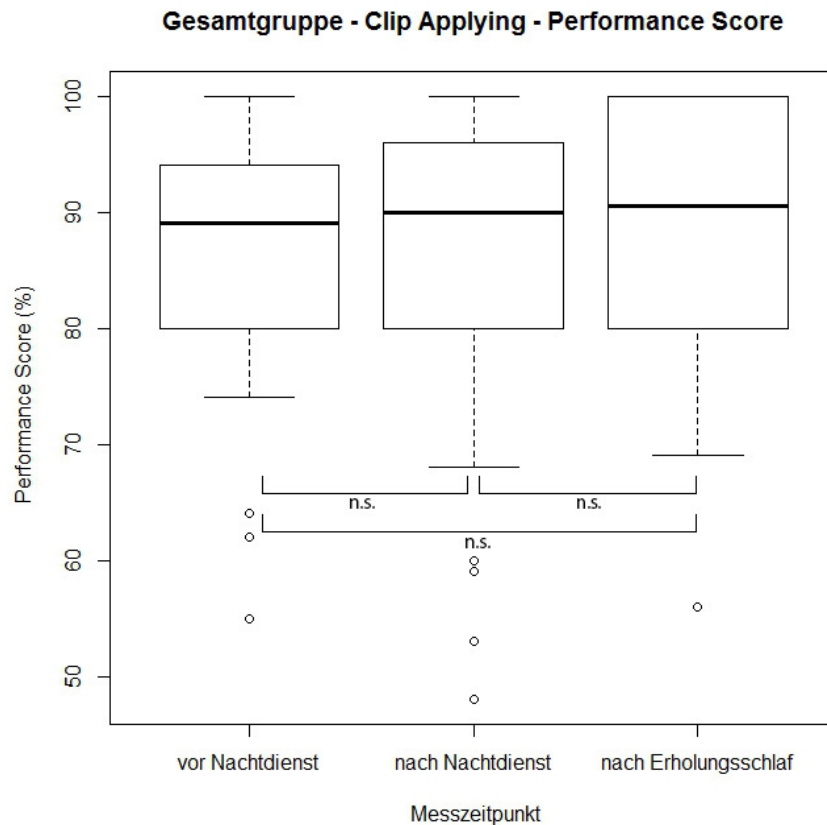
### 4.6.1 Technische Leistung der „low-fidelity“-Aufgaben („cutting“ und „clip applying“)

#### 4.6.1.1 Gruppenanalyse

##### 4.6.1.1.1 „Clip applying“

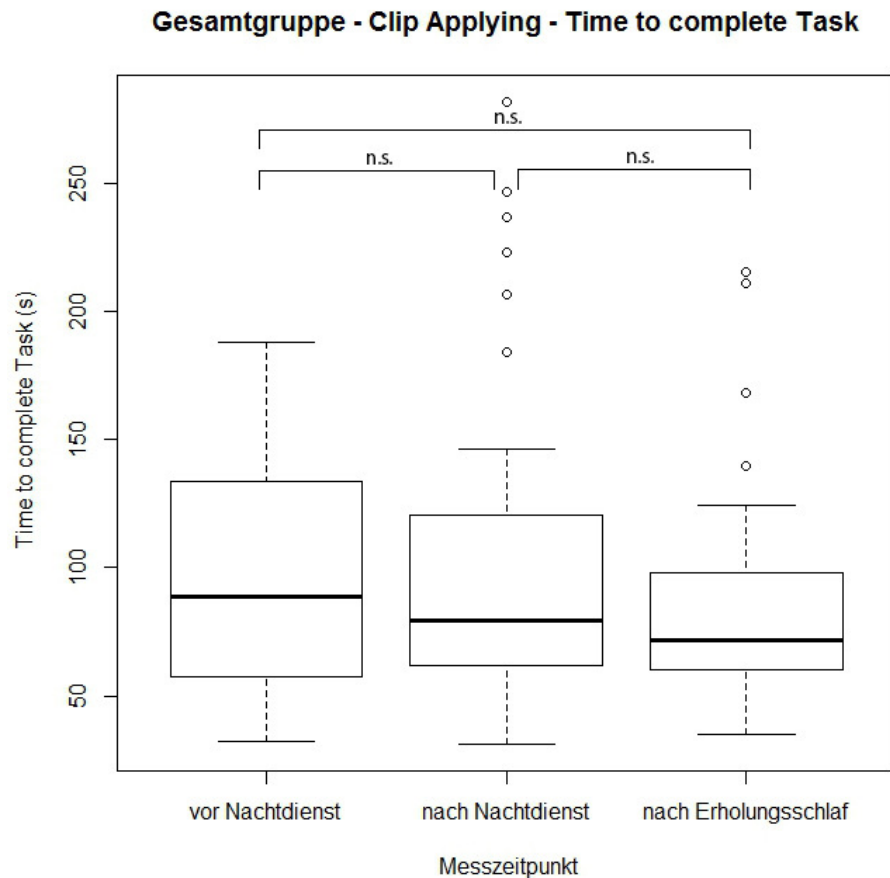
Bezüglich der technischen Leistungen der Gesamtgruppe in den „low-fidelity“-Aufgaben, also Aufgaben, welche weniger Aufmerksamkeit und technischer Fertigkeiten bedürfen, zeigten sich in der Aufgabe „clip applying“ keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten. Zum Messzeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] blieben die Leistungen tendenziell stabil und verbesserten sich zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf [T3].

Beispielsweise verbesserte sich der „performance score“ (%) zu den verschiedenen Messzeitpunkten: [T1] =  $86,11 \pm 10,74\%$ , [T2] =  $85,71 \pm 13,55\%$ , [T3] =  $89,63 \pm 10,73\%$ , (Abb. 33) kontinuierlich, jedoch ohne Signifikanz. Bei der Auswertung der Einzelanalyse „time to complete task“ in Sekunden (s) ergaben sich folgende Messwerte: [T1] =  $98,99 \pm 45,59$  s, [T2] =  $103,03 \pm 62,27$  s, [T3] =  $82,87 \pm 42,24$  s (Abb. 34). Das heißt auch die Durchführungszeit veränderte sich nicht signifikant zu den verschiedenen Messzeitpunkten. Alle ermittelten Werte für die Gesamtgruppe sind der Tabelle 6 zu entnehmen.



**Abb. 33: Gesamtgruppe - „Clip Applying“ - Performance Score.**

In dieser Abbildung ist der „performance score“ (%) der „low-fidelity“-Aufgabe „clip applying“ zur Erfassung der technischen Fähigkeiten der Gesamtgruppe mit Hilfe des VR-Simulators LapSim® dargestellt. Der „performance score“ (%) war zu keinem Messzeitpunkt signifikant unterschiedlich. Die technische Leistung blieb dementsprechend auch nach dem Nachtdienst stabil. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .



**Abb. 34: Gesamtgruppe – „Clip Applying“ - Time to complete Task.**

In dieser Abbildung ist die Einzelanalyse „time to complete task“ der „low-fidelity“-Aufgabe „clip applying“ zur Erfassung der technischen Fähigkeiten der Gesamtgruppe mit Hilfe des VR-Simulators LapSim® in Sekunden (s) dargestellt. Die Durchführungszeit blieb zu jedem Messzeitpunkt stabil, es waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten festzustellen. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .



**Tabelle 6: Gesamtgruppe - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Clip Applying“.**

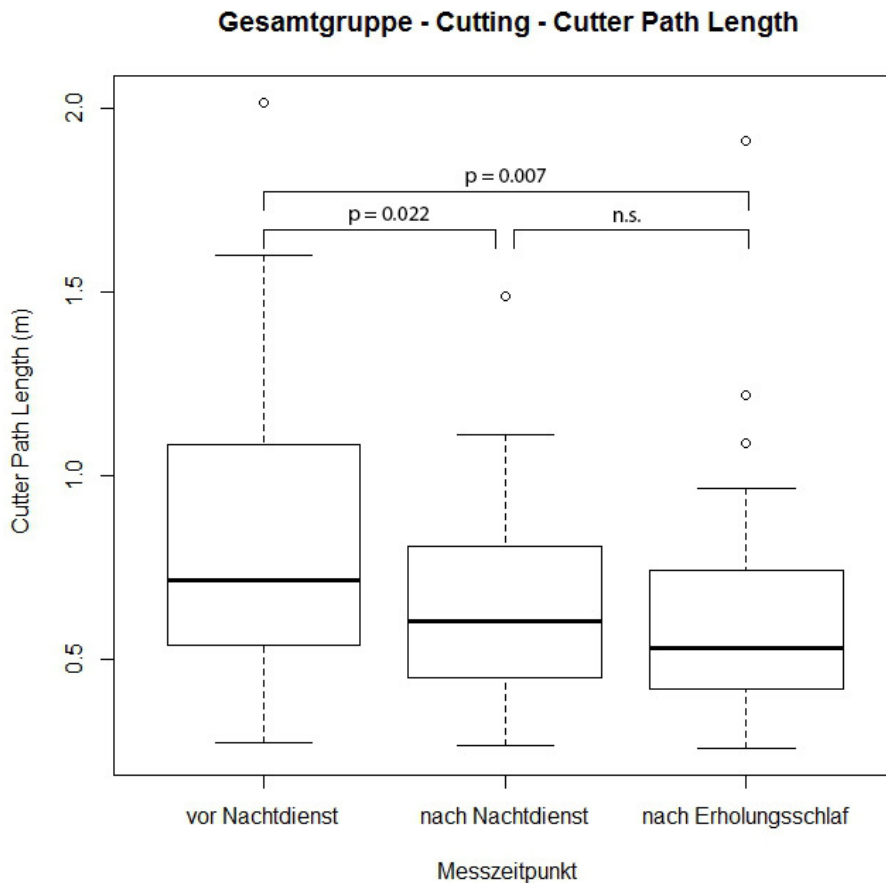
In dieser Tabelle werden die Einzelanalysen der Basisaufgabe „Clip applying“ zu den einzelnen Messzeitpunkten, für die Gesamtgruppe dargestellt. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

VR-Aufgabe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
Clip applying	Performance score (%)	86,11 ± 10,74	85,71 ± 13,55	89,63 ± 10,73	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Error score (%)	13,89 ± 10,60	14,29 ± 13,37	10,37 ± 10,59	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Time to complete task (s)	98,99 ± 45,59	103,03 ± 62,27	82,87 ± 42,24	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Left Instrument Path Length (m)	1,31 ± 0,58	1,34 ± 0,64	1,29 ± 0,61	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Left Instrument Angular Path (Grad °)	284,32 ± 144,76	266,38 ± 159,88	242,13 ± 123,15	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Right Instrument Path Length (m)	1,29 ± 0,67	1,47 ± 1,04	1,15 ± 0,59	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Right Instrument Angular Path (Grad °)	264,40 ± 162,28	295,25 ± 274,9	213,34 ± 141,52	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.

#### 4.6.1.1.2 „Cutting“

Bei der Analyse der Aufgabe „cutting“ in der Gesamtgruppe ergaben sich widersprüchliche Ergebnisse. Betreffend der Einzelanalysen in dieser Aufgabe wie „time to complete task“ und „grasper path length“ konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Bei den Einzelanalysen „cutter path length“, „cutter angular path“, „grasper angular path“ und „performance score“, also Fertigkeiten, die die Ökonomie der Bewegung und die Leistung insgesamt beurteilten, konnte zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] eine signifikante Verbesserung in der Gesamtgruppenanalyse festgestellt werden.

D.h. nach dem Nachtdienst zeigten die Probanden in dieser Aufgabenkategorie eine deutlich bessere Leistung als vor dem Nachtdienst oder nach Erholungsschlaf. Die Ergebnisse einschließlich der Mittelwerte und der Signifikanz, dargestellt durch den p-Wert, sind in der Tabelle 7 im Detail aufgelistet. Exemplarisch zeigt die Abbildung 35 die Resultate der Aufgabe „cutter path length“ (m).



**Abb. 35: Gesamtgruppe - „Cutting“ - Cutter Path Length.**

In dieser Abbildung ist die Einzelanalyse „cutter path length“ (m) der low-fidelity“-Aufgabe „cutting“ zur Erfassung der technischen Fähigkeiten der Gesamtgruppe mit Hilfe des VR-Simulators LapSim® dargestellt. Diese Aufgabe spiegelt die Ökonomie der Bewegungen wider. Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung der technischen Fähigkeiten nach dem Nachtdienst im Vergleich zum Messzeitpunkt vor dem Nachtdienst. Zwischen den Zeitpunkten nach dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf konnte kein signifikant unterschiedliches Ergebnis ermittelt werden. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

**Tabelle 7: Gesamtgruppe - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Cutting“.**

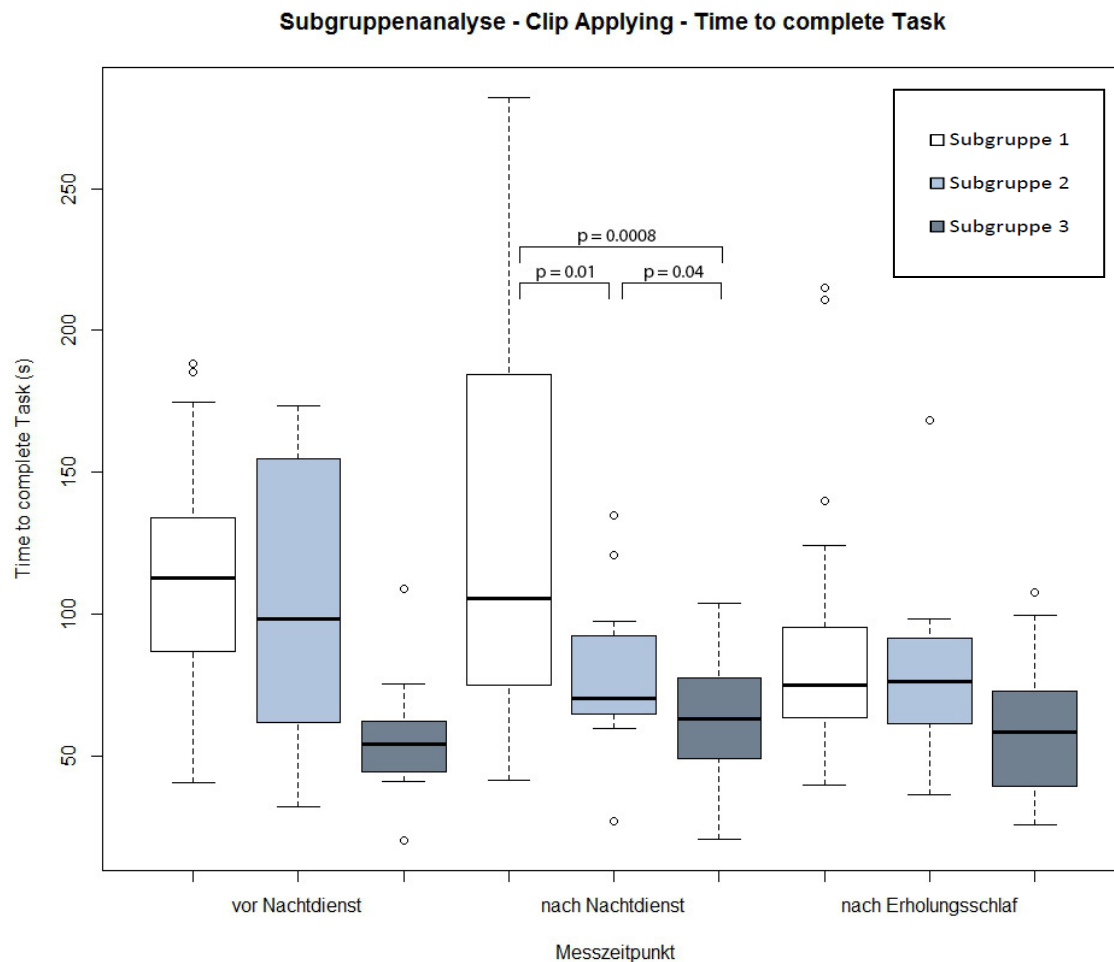
In dieser Tabelle werden die Einzelanalysen der Basisaufgabe „cutting“ zu den einzelnen Messzeitpunkten, für die Gesamtgruppe dargestellt. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

VR-Aufgabe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
Cutting	Performance score (%)	83,61 ± 12,70	89,97 ± 9,18	91,82 ± 5,70	T1 vs. T2 p = 0,038* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,0005***
	Error score (%)	16,39 ± 12,54	11,03 ± 8,75	8,18 ± 5,63	T1 vs. T2 p = 0,038* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,0005***
	Time to complete task (s)	139,30 ± 68,90	117,5 ± 48,00	103,80 ± 46,60	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,01*
	Cutter Path Length (m)	0,84 ± 0,39	0,66 ± 0,27	0,61 ± 0,31	T1 vs. T2 p = 0,022* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,007**
	Cutter Angular Path (Grad °)	216,14 ± 110,40	149,98 ± 65,20	136,03 ± 68,17	T1 vs. T2 p = 0,002** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,0002***
	Grasper Path Length (m)	1,42 ± 0,84	1,12 ± 0,60	0,94 ± 0,34	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,002**
	Grasper Angular Path (Grad °)	300,83 ± 192,65	226,42 ± 116,64	184,08 ± 72,19	T1 vs. T2 p = 0,045* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,0008***

#### 4.6.1.2 Subgruppenanalyse

##### 4.6.1.2.1 „Clip applying“

In der Subgruppenanalyse konnte für die Aufgabe „clip applying“, wie schon in der Gesamtgruppenanalyse, kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Messzeitpunkten ermittelt werden. Zwischen den Subgruppen zeigte sich erwartungsgemäß eine deutliche Überlegenheit der Subgruppe 3 zu allen Zeitpunkten. Dies betraf vor allem die Einzelanalysen „performance score“ (%) und „time to complete task“ (s). Die Subgruppe 1 war im Gegensatz dazu tendenziell langsamer und weniger ökonomisch in ihren Bewegungen als die beiden anderen Subgruppen. Exemplarisch ist nachfolgend die Analyse „time to complete task“ (s) in der Abbildung 36 dargestellt. Eine detaillierte Auflistung der Einzelanalysen ist in der Tabelle 8 aufgeführt.



**Abb. 36: Subgruppenanalyse – „Clip Applying“ – Time to complete Task.**

Diese Abbildung zeigt die Einzelanalyse „time to complete task“ der „low-fidelity“-Aufgabe „clip applying“ zur Erfassung der technischen Fähigkeiten mit Hilfe des VR-Simulators LapSim®. Innerhalb der einzelnen Subgruppen konnte kein signifikanter Unterschied in der Durchführungszeit zu den jeweiligen Messzeitpunkten ermittelt werden. Zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst benötigte die Subgruppe 1 signifikant die längste Zeit und die Subgruppe 3 signifikant die kürzeste Zeit zur Durchführung der Aufgabe. Insgesamt konnte keine Veränderung der technischen Fähigkeiten, im Sinne einer Einbuße nach dem Nachtdienst, dargestellt werden. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ- Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).

**Tabelle 8: Subgruppenanalyse - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Clip Applying“.**

Gegenüberstellung der drei Subgruppen zu den einzelnen Messzeitpunkten. Dargestellt sind die Einzelanalysen für die Basisaufgabe „clip applying“. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

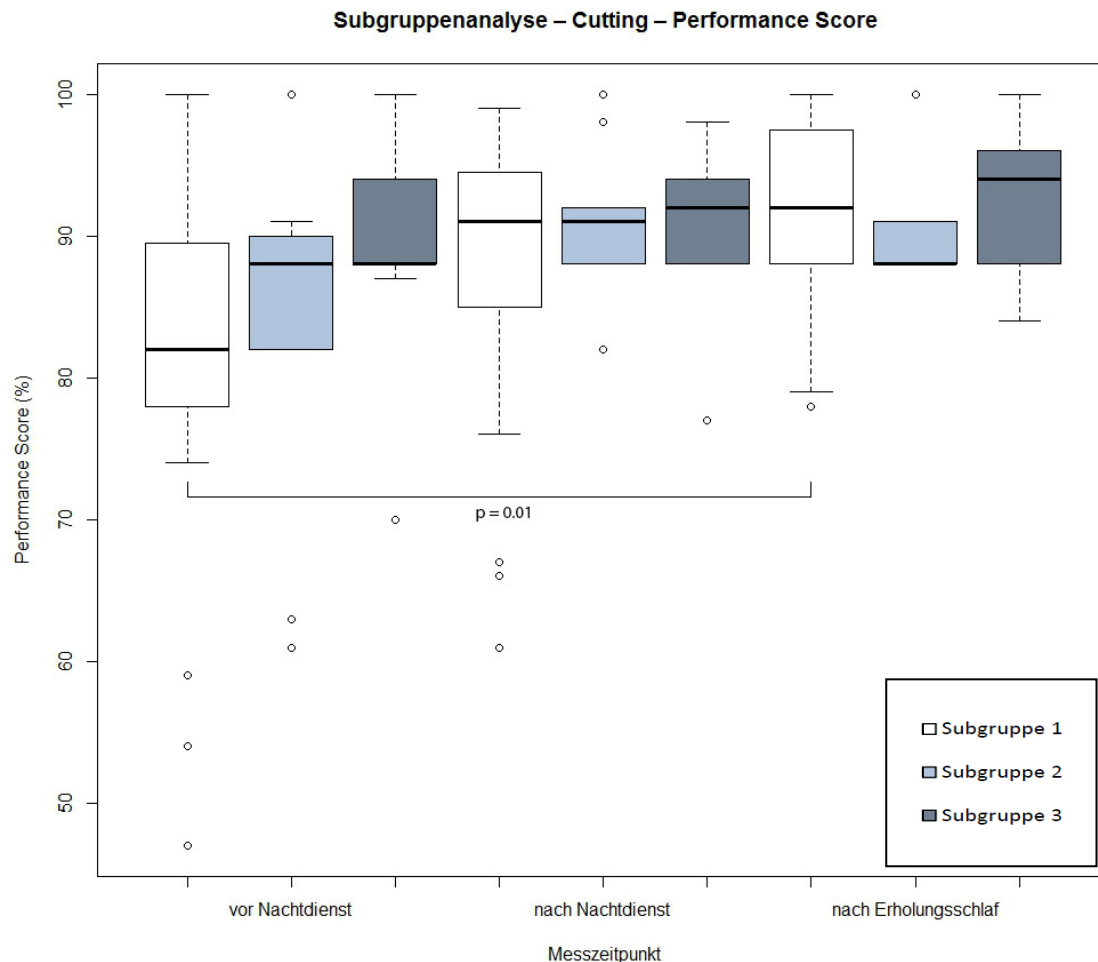
VR-Aufgabe	Subgruppe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
Clip applying	Subgruppe 1 PJ-Studenten, n = 19	Performance score (%)	84,68 ± 12,69	81,31 ± 16,69	87,68 ± 11,79	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	115,48 ± 40,74	131,16 ± 75,19	92,69 ± 49,17	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Path Length (m)	1,40 ± 0,59	1,54 ± 0,78	1,36 ± 0,59	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	306,31 ± 146,98	315,25 ± 198,73	263,66 ± 112,11	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	1,51 ± 0,72	1,89 ± 1,25	1,35 ± 0,71	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	316,51 ± 178,92	390,46 ± 346,09	260,41 ± 180,40	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Subgruppe 2 Assistenzärzte, n = 9	Performance score (%)	83,55 ± 8,54	87,44 ± 7,89	91,55 ± 10,17	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	107,84 ± 52,46	85,48 ± 27,06	84,67 ± 36,33	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Path Length (m)	1,47 ± 0,69	1,09 ± 0,36	1,32 ± 0,85	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	315,64 ± 175,99	212,31 ± 93,97	257,38 ± 179,09	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	1,36 ± 0,61	1,29 ± 0,56	0,99 ± 0,30	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	271,93 ± 156,95	259,42 ± 159,14	186,89 ± 48,93	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Subgruppe 3 Fachärzte/Oberärzte, n = 10	Performance score (%)	91,10 ± 6,98	92,50 ± 6,82	91,60 ± 9,310	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	59,68 ± 20,27	65,39 ± 20,67	62,58 ± 25,74	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Path Length (m)	0,97 ± 0,32	1,77 ± 0,40	1,12 ± 0,35	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	214,37 ± 89,31	222,19 ± 90,06	187,50 ± 64,64	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	0,81 ± 0,28	0,84 ± 0,43	0,89 ± 0,42	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	158,61 ± 64,18	146,58 ± 60,27	147,69 ± 70,40	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.

#### **4.6.1.2.2 „Cutting“**

Die Ergebnisse der Aufgabe „cutting“ unterschieden sich innerhalb der Subgruppen zu keinem Messzeitpunkt signifikant.

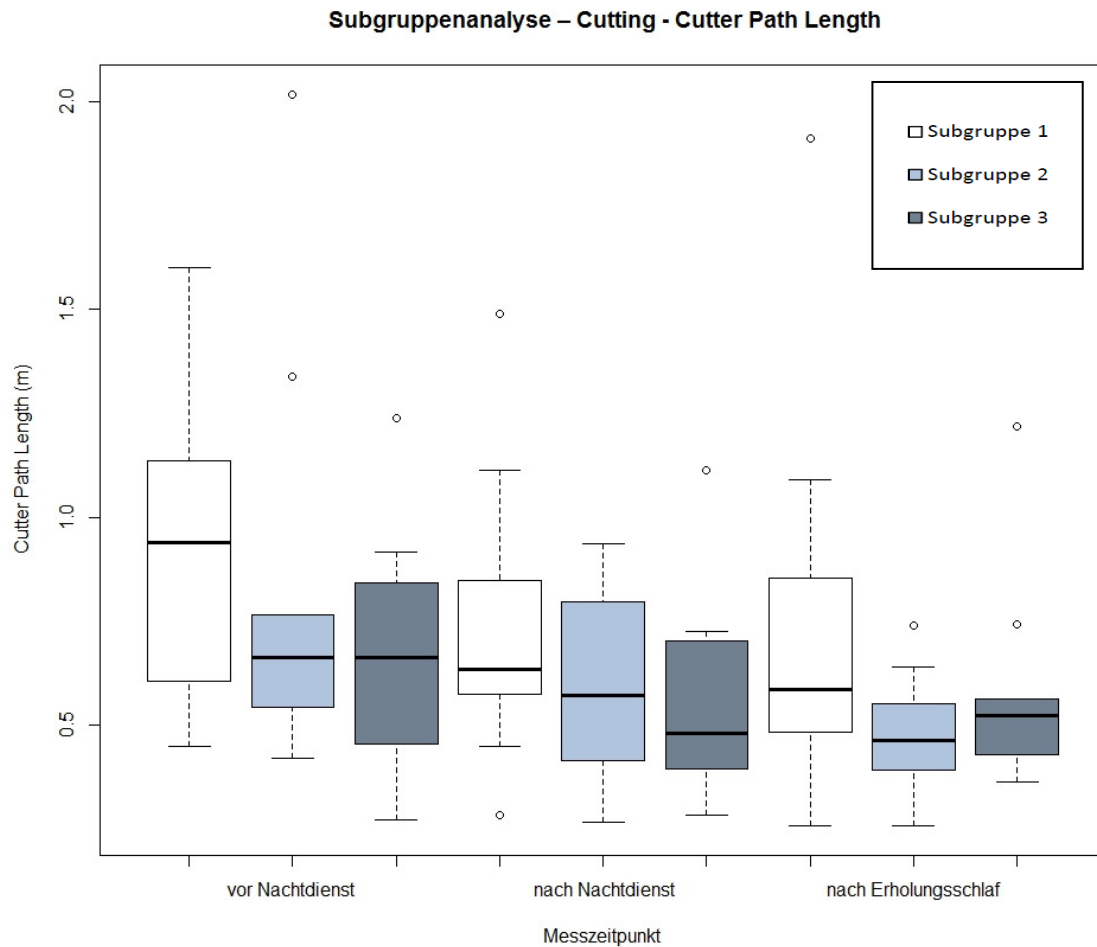
Was die Ökonomie der Bewegung und die Leistung insgesamt anbetrifft, zeigte sich in der Subgruppenanalyse ein anderes Ergebnis als in der Gesamtgruppenanalyse (Abb. 37). Im Gegensatz zu der Gesamtgruppenanalyse, bei der sich eine signifikante Verbesserung der technischen Fähigkeiten und der Ökonomie in den Bewegungsabläufen zum Messzeitpunkt nach dem Nachtdienst im Vergleich zum Messzeitpunkt vor dem Nachtdienst zeigte, konnte innerhalb der einzelnen Subgruppen keine signifikante Verbesserung der Bewegungsökonomie festgestellt werden. Das heißt diese Fähigkeiten blieben zu jedem Messzeitpunkt stabil. Die Subgruppe 3 erwies sich im Vergleich zu den anderen beiden Subgruppen am ökonomischsten in ihren Bewegungsabläufen und führte die Aufgaben auch am schnellsten aus.

Demgegenüber war die Subgruppe 1 am langsamsten und am wenigsten ökonomisch in der Aufgabenausführung. Exemplarisch werden die Subgruppenanalysen „performance score“ (%) (Abb. 37) und „cutter path length“ (m) (Abb. 38) graphisch veranschaulicht. Die detaillierten Einzelanalysen der Subgruppen werden in der Tabelle 9 aufgeführt.



**Abb. 37: Subgruppenanalyse – „Cutting“ – Performance Score.**

In dieser Abbildung ist die Einzelanalyse „performance score“ (%) der „low-fidelity“-Aufgabe „cutting“ dargestellt. Dieser stellt die Messung der technischen Leistung erfasst mit Hilfe des VR-Simulators LapSim® dar. Eine signifikante Verbesserung oder Verschlechterung der technischen Leistung konnte zu keinem Messzeitpunkt ermittelt werden. Bis auf eine signifikante Verbesserung der technischen Leistung innerhalb der Subgruppe 1 nach Erholungsschlaf, konnte weder innerhalb der einzelnen Subgruppen noch im Vergleich der Subgruppen zueinander ein signifikanter Unterschied ermittelt werden. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ- Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).



**Abb. 38: Subgruppenanalyse – „Cutting“ – Cutter Path Length.**

Diese Abbildung zeigt die Einzelanalyse „cutter path length“ (m) der Basisaufgabe („low-fidelity“) „cutting“. Diese Aufgabe diente der Ermittlung der technischen Leistung und Ökonomie der Bewegungsabläufe mit Hilfe des VR-Simulators LapSim®. Sowohl innerhalb der einzelnen Subgruppen als auch im Vergleich der Subgruppen zueinander zeigte sich zu keinem Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied. Das heißt, sowohl die technische Leistung als auch die Ökonomie der Bewegungsabläufe blieb zu jedem Messzeitpunkt stabil. Die Gesamtgruppe wurde eingeteilt in die Subgruppe 1 (PJ- Studenten,  $n = 19$ ), Subgruppe 2 (Assistenzärzte,  $n = 9$ ), Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ).



**Tabelle 9: Subgruppenanalyse - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Cutting“.**

Gegenüberstellung der drei Subgruppen zu den einzelnen Messzeitpunkten. Dargestellt sind die Einzelanalysen für die Basisaufgabe „cutting“. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

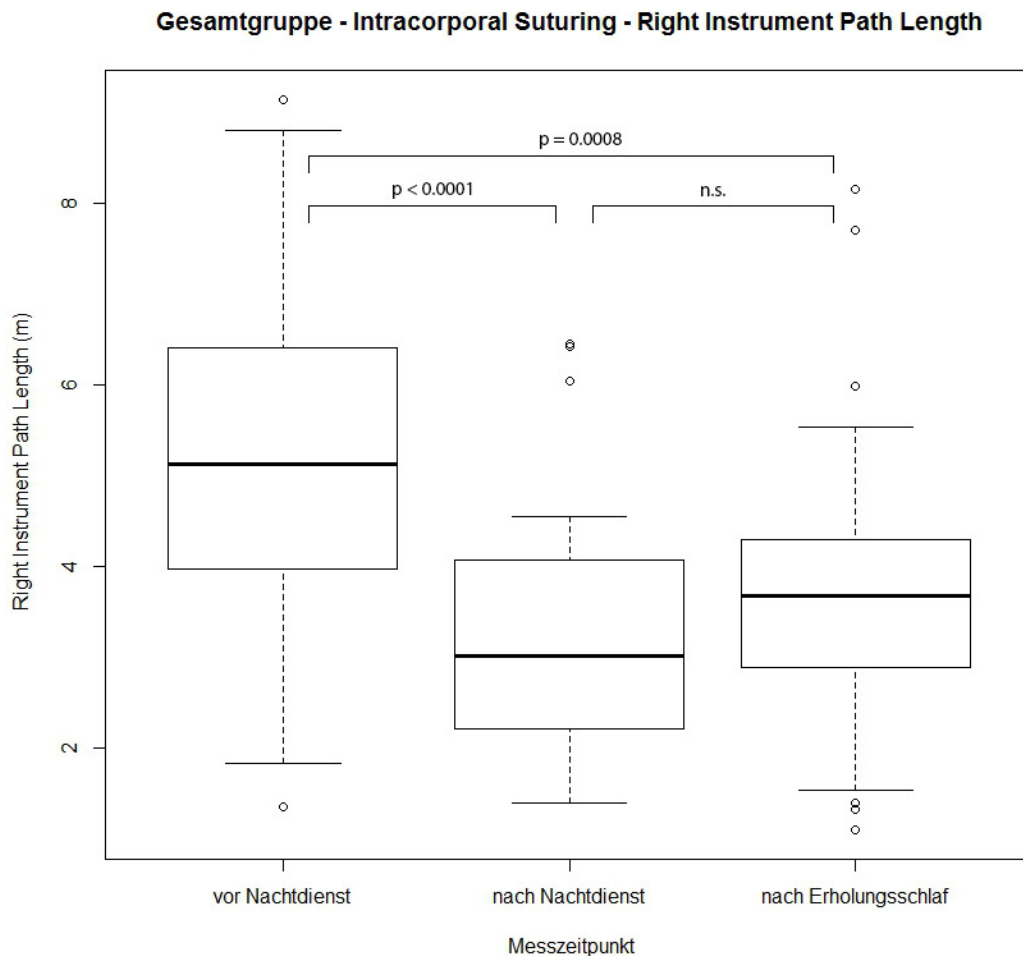
VR-Aufgabe	Subgruppe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
Cutting	Subgruppe 1 PJ-Studenten, n = 19	Performance score (%)	80,84 ± 14,16	87,10 ± 11,61	92,00 ± 6,78	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,01^*$
		Time to complete task (s)	149,61 ± 72,48	136,56 ± 50,50	114,39 ± 55,65	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Cutter Path Length (m)	0,92 ± 0,35	0,74 ± 0,28	0,69 ± 0,38	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Cutter Angular Path (Grad °)	244,66 ± 112,18	166,27 ± 65,17	147,13 ± 82,65	T1 vs. T2 $p = 0,01^*$ T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,004^{**}$
		Grasper Path Length (m)	1,58 ± 1,00	1,25 ± 0,67	0,99 ± 0,35	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,02^*$
		Grasper Angular Path (Grad °)	350,16 ± 239,29	253,90 ± 132,75	195,88 ± 80,97	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,01^*$
	Subgruppe 2 Assistenzärzte, n = 9	Performance score (%)	83,44 ± 13,04	90,89 ± 5,46	90,33 ± 3,90	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	156,82 ± 82,36	99,13 ± 31,40	88,47 ± 32,45	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,03^*$
		Cutter Path Length (m)	0,84 ± 0,52	0,59 ± 0,24	0,47 ± 0,16	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Cutter Angular Path (Grad °)	204,62 ± 122,46	139,28 ± 65,88	114,43 ± 39,27	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Grasper Path Length (m)	1,55 ± 0,74	0,99 ± 0,60	0,85 ± 0,36	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,02^*$
		Grasper Angular Path (Grad °)	304,83 ± 142,39	193,86 ± 102,39	164,89 ± 63,49	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 $p = 0,02^*$
	Subgruppe 3 Fachärzte/Oberärzte, n = 10	Performance score (%)	89,00 ± 7,94	90,80 ± 5,96	92,80 ± 4,98	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	104,11 ± 32,94	97,90 ± 44,51	97,38 ± 35,73	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Cutter Path Length (m)	0,67 ± 0,28	0,56 ± 0,24	0,57 ± 0,25	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Cutter Angular Path (Grad °)	172,33 ± 87,31	128,67 ± 62,81	134,38 ± 57,78	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Grasper Path Length (m)	0,99 ± 0,32	1,00 ± 0,42	0,92 ± 0,32	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Grasper Angular Path (Grad °)	203,49 ± 65,94	203,49 ± 90,15	178,95 ± 63,55	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.

## **4.6.2 Kognitive Leistungen ermittelt anhand der „high-fidelity“-Aufgaben („intracorporal suturing“ und „VR- cholecystectomy“)**

### **4.6.2.1 Gruppenanalyse**

#### **4.6.2.1.1 „Intracorporal suturing“**

Im Bereich „intracorporal suturing“ konnte zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] eine signifikante Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten im Vergleich zu dem Messzeitpunkt vor dem Nachtdienst [T1] festgestellt werden (Tabelle 10). Die kognitiven Fähigkeiten waren auch zum Zeitpunkt nach Erholungsschlaf [T3] im Vergleich zu dem Zeitpunkt vor dem Nachtdienst signifikant besser. Zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst im Vergleich zum Messzeitpunkt nach Erholungsschlaf konnte jedoch kein signifikanter Unterschied der kognitiven Fähigkeiten dargestellt werden. In der Abbildung 39 wird exemplarisch die Einzelanalyse zu der Aufgabe „right instrument path length“ (m) veranschaulicht.



**Abb. 39: Gesamtgruppe – „Intracorporal Suturing“ – Right Instrument Path Length.**

In dieser Abbildung sieht man die Darstellung der Einzelanalyse „right instrument path length“ (m) der fortgeschrittenen Aufgabe der „high-fidelity“-Kategorie „intracorporal suturing“ in der Gesamtgruppe. Diese diente der Erfassung der kognitiven Fähigkeiten, gemessen mit Hilfe des VR-Simulators LapSim®. Es zeigte sich eine signifikante Verbesserung der kognitiven Leistung in der Gesamtgruppe zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst im Vergleich zum Messzeitpunkt vor dem Nachtdienst. Ebenfalls zeigte sich eine signifikante Verbesserung der kognitiven Leistungen nach Erholungsschlaf im Vergleich zum Messzeitpunkt vor dem Nachtdienst. Die Leistung war jedoch zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst im Vergleich zu den beiden anderen Messzeitpunkten am besten. Bei dem Vergleich der Leistung zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf konnte jedoch kein signifikanter Unterschied dargestellt werden. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

**Tabelle 10: Gesamtgruppe - „High-fidelity“-Aufgabe - „Intracorporal Suturing“.**

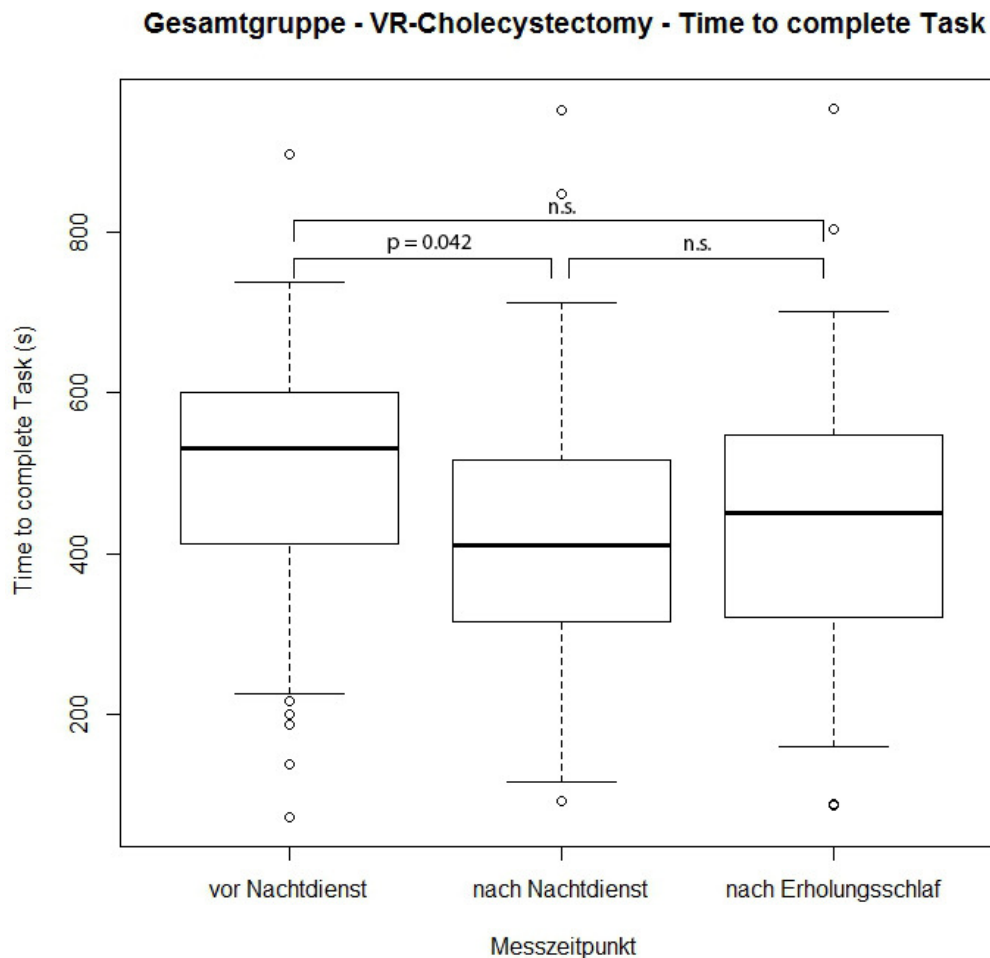
In dieser Tabelle sind die Einzelanalysen der anspruchsvollen Aufgabe „intracorporal suturing“ zu den einzelnen Messzeitpunkten, für die Gesamtgruppe dargestellt. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

VR-Aufgabe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
Intracorporal suturing	Performance score (%)	96,03 ± 3,86	98,00 ± 3,25	97,45 ± 3,77	T1 vs. T2 p = 0,018* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Error score (%)	3,97 ± 3,81	2,00 ± 3,20	2,55 ± 3,72	T1 vs. T2 p = 0,018* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Time to complete task (s)	254,55 ± 73,2	162,10 ± 52,63	162,64 ± 51,06	T1 vs. T2 p < 0,0001*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p < 0,0001***
	Left Instrument Path Length (m)	3,95 ± 1,84	2,52 ± 1,42	2,85 ± 1,48	T1 vs. T2 p = 0,0003*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,006**
	Left Instrument Angular Path (Grad °)	910,16 ± 390,94	567,23 ± 346,94	631,94 ± 321,43	T1 vs. T2 p = 0,0001*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,001**
	Left Instrument Outside View (n)	8,34 ± 7,52	5,18 ± 5,18	6,79 ± 5,93	T1 vs. T2 p = 0,036* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Left Instrument Outside View (s)	23,35 ± 28,02	16,85 ± 17,26	15,06 ± 15,93	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Right Instrument Path Length (m)	5,16 ± 1,95	3,24 ± 1,29	3,75 ± 1,53	T1 vs. T2 p < 0,0001*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,0008***
	Right Instrument Angular Path (Grad °)	1158,04 ± 459,82	713,11 ± 293,68	818,27 ± 331,71	T1 vs. T2 p < 0,0001*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,0004***
	Right Instrument Outside View (n)	3,97 ± 4,08	2,61 ± 2,53	2,71 ± 2,92	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Right Instrument Outside View (s)	8,06 ± 13,31	4,12 ± 4,55	3,88 ± 4,97	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.

#### 4.6.2.1.2 „VR-cholecystectomy“

Die Analyse der „high-fidelity“-Übung „VR-cholecystectomy“ ergab in den Einzelanalysen „time to complete task“ (s), „error score“ (%) und „performance score“ (%) eine signifikante Verbesserung der Leistung nach dem Nachtdienst im Vergleich zu den Messungen vor dem Nachtdienst. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Messungen nach dem Bereitschaftsdienst und nach Erholung konnte nicht festgestellt werden (Abb. 40). Auch zwischen den Messzeitpunkten vor Bereitschaftsdienst und nach Erholung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Die Probanden konnten diese Aufgabe zum Messzeitpunkt nach dem Nachtdienst nicht nur deutlich schneller, sondern auch mit wesentlich weniger Fehlern absolvieren, als zu den beiden anderen Zeitpunkten.

Im Gegensatz zu den „low-fidelity“-Aufgaben, welche einen Unterschied v.a. in der Ökonomie der Bewegung aufzeigen konnten, war im Bereich der „high-fidelity“-Aufgaben, diese Einzelanalyse betreffend, kein wesentlicher Unterschied zu den verschiedenen Zeitpunkten festzustellen. Die detaillierte Gegenüberstellung der Einzelanalysen sind der Tabelle 11 zu entnehmen.



**Abb. 40: Gesamtgruppe - “VR-Cholecystectomy” – Time to complete Task.**

Diese Abbildung zeigt die Einzelanalyse „time to complete task“ (s) der fortgeschrittenen Aufgabe der „high-fidelity“-Kategorie „VR-cholecystectomy“. Diese Aufgabe diente der Messung der kognitiven Fähigkeiten in der Gesamtgruppe mit Hilfe des VR-Simulators LapSim®. Dabei bedeutet ein niedriger Wert eine kürzere Durchführungszeit. Die Gesamtgruppe war zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst signifikant schneller in der Durchführung der Aufgabe. Somit konnte eine signifikante Verbesserung der kognitiven Leistung zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst in der Gesamtgruppe ermittelt werden. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

**Tabelle 11: Gesamtgruppe - „High-fidelity“-Aufgabe - „VR-Cholecystectomy“.**

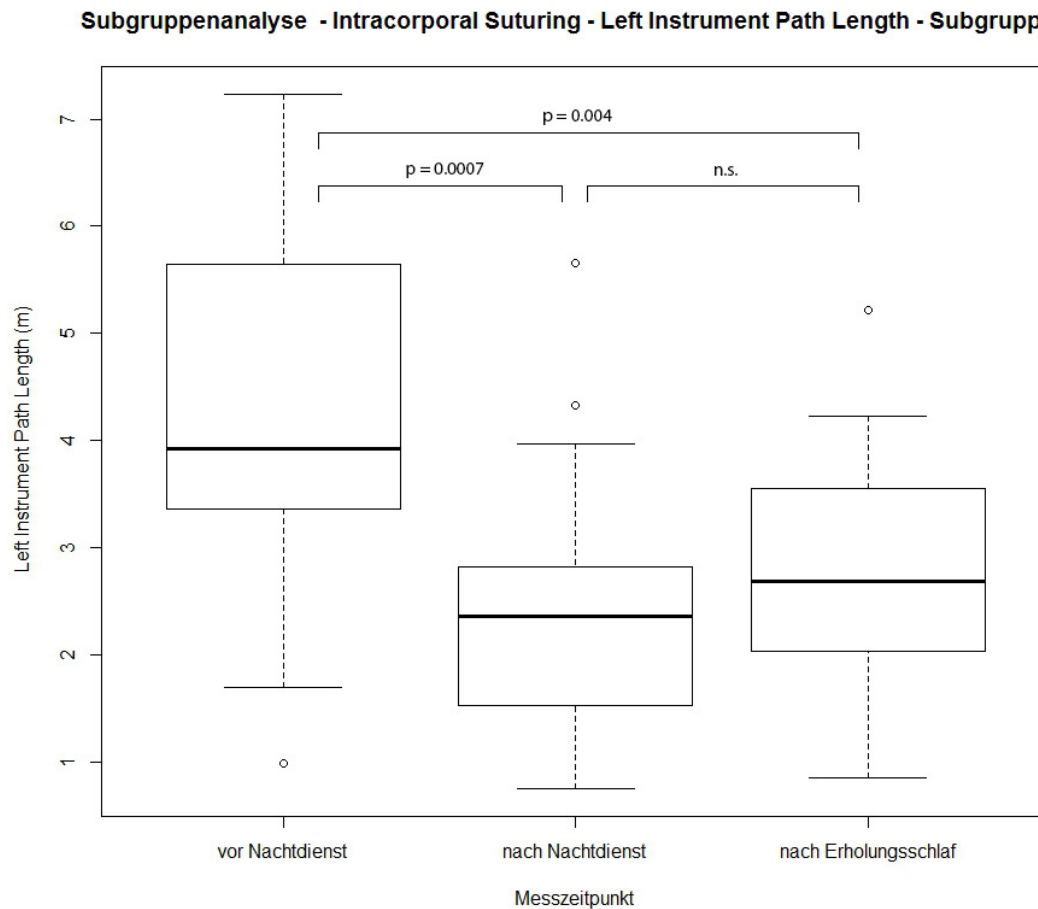
Diese Tabelle zeigt die Einzelanalysen der anspruchsvollen Aufgabe „VR-cholecystectomy“ zu den einzelnen Messzeitpunkten, für die Gesamtgruppe. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

VR-Aufgabe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
VR-Cholecystectomy	Performance score (%)	67,68 ± 11,39	73,55 ± 13,59	73,24 ± 12,05	T1 vs. T2 p = 0,044* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,04*
	Error score (%)	32,32 ± 11,24	26,45 ± 13,41	26,76 ± 11,90	T1 vs. T2 p = 0,045* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,04*
	Time to complete task (s)	491,26 ± 1,75	429,06 ± 189,02	446,23 ± 192,60	T1 vs. T2 p = 0,042* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Left Instrument Path Length (m)	2,38 ± 1,42	2,20 ± 2,27	2,21 ± 1,62	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Left Instrument Angular Path (Grad °)	570,32 ± 377,66	514,86 ± 561,61	512,14 ± 394,71	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Right Instrument Path Length (m)	6,77 ± 2,86	5,75 ± 2,58	6,10 ± 2,59	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Right Instrument Angular Path (Grad °)	1165,53 ± 544,67	937,59 ± 518,19	977,24 ± 455,21	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.

#### 4.6.2.2 Subgruppenanalyse

##### 4.6.2.2.1 „Intracorporal suturing“

Die Subgruppenanalyse der „intracorporal suturing“- Aufgabe konnte die Ergebnisse der Gruppenanalyse bestätigen. Besonders hervorzuheben ist die Subgruppe 1, welche v.a. in den Einzelanalysen „time to complete task“ (s), „left/right instrument path length“ (m) und „left/right instrument angular path“ (m/°) zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] signifikant bessere Leistungen bei der Durchführung der Aufgaben zeigte als zu den beiden anderen Messzeitpunkten. Die Abbildung 41 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der Subgruppe 1 im Bereich „left instrument path length“ (m). Die detaillierte Übersicht der Einzelanalysen ist der Tabelle 12 zu entnehmen.



**Abb. 41: Subgruppenanalyse – „Intracorporal Suturing - Left Instrument Path Length – Subgruppe 1.**

In dieser Abbildung wird die Einzelanalyse „left instrument path length“ (m) der „high-fidelity-Aufgabe „intracorporal suturing“ für die Subgruppe 1 (PJ-Studenten,  $n = 19$ ) dargestellt. Diese Aufgabe diente der Analyse der kognitiven Fähigkeiten. Ein niedriger Wert entspricht einer ökonomischen Operationstechnik am VR-Simulator. Es zeigte sich eine ökonomische Operationstechnik und somit eine signifikante Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten innerhalb der Subgruppe 1 zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

**Tabelle 12: Subgruppenanalyse - „High-fidelity“-Aufgabe - „Intracorporal Suturing“.**

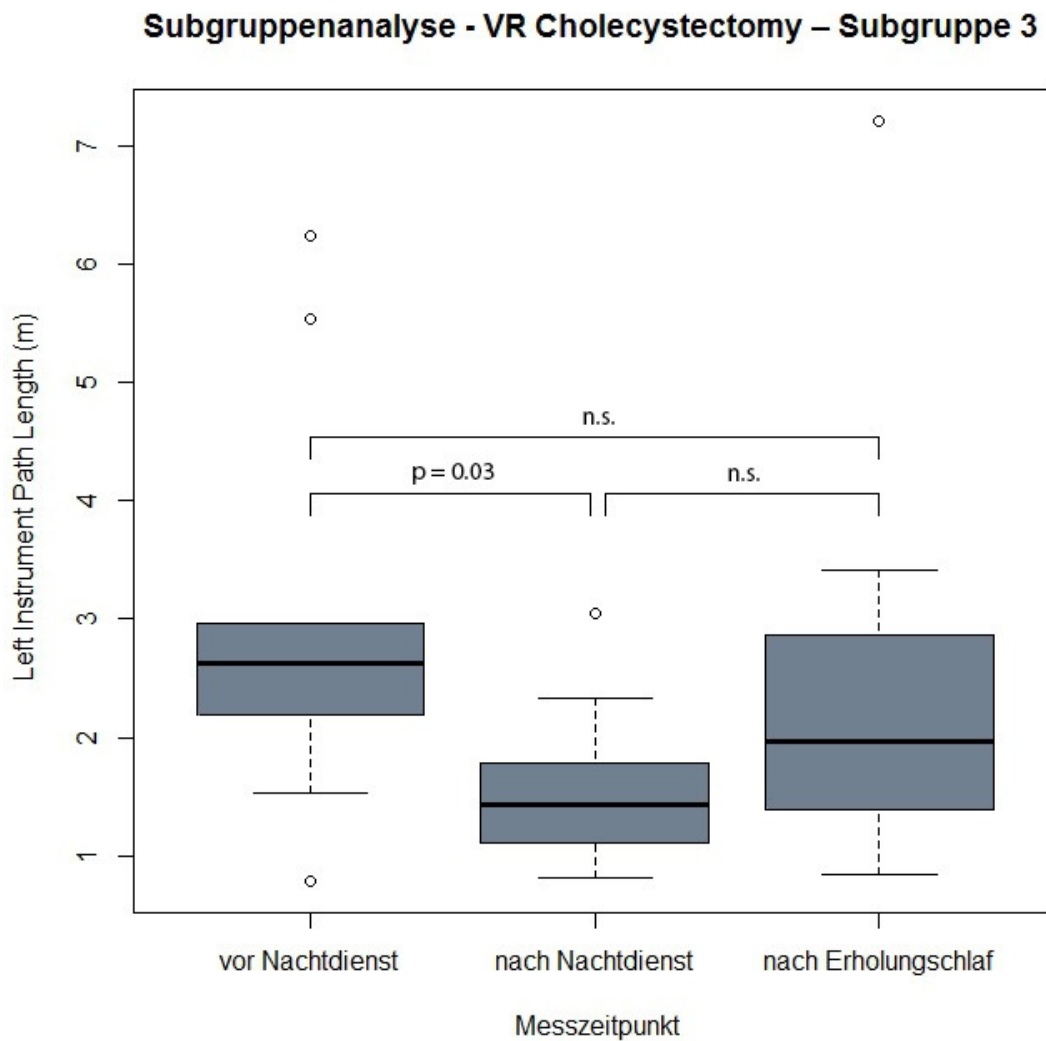
In dieser Tabelle werden die Einzelanalysen für die anspruchsvolle Aufgabe „intracorporal suturing“ der Subgruppen zu den einzelnen Messzeitpunkten dargestellt. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

VR-Aufgabe	Subgruppe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
Intracorporal suturing	Subgruppe 1 PJ-Studenten, n = 19	Performance score (%)	95,37 ± 3,45	98,10 ± 3,66	97,79 ± 2,78	T1 vs. T2 p = 0,02* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,02*
		Time to complete task (s)	286,27 ± 36,60	164,28 ± 28,89	173,48 ± 14,99	T1 vs. T2 p < 0,0001*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p < 0,0001***
		Left Instrument Path Length (m)	4,23 ± 1,67	2,44 ± 1,26	2,82 ± 1,08	T1 vs. T2 p = 0,0007*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,004**
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	945,73 ± 329,44	516,74 ± 257,71	616,77 ± 229,59	T1 vs. T2 p < 0,001*** T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,001**
		Left Instrument Outside View (n)	8,42 ± 7,56	4,37 ± 4,37	8,10 ± 6,89	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Outside View (s)	22,91 ± 32,23	15,61 ± 16,99	19,36 ± 18,50	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	5,72 ± 1,75	3,21 ± 0,85	4,02 ± 0,87	T1 vs. T2 p < 0,0001*** T2 vs. T3 p = 0,006** T1 vs. T3 p = 0,0005***
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	1267,87 ± 413,97	714,69 ± 212,88	884,33 ± 189,88	T1 vs. T2 p < 0,0001*** T2 vs. T3 p = 0,01* T1 vs. T3 p = 0,0008***
		Right Instrument Outside View (n)	4,42 ± 3,93	2,74 ± 2,49	2,95 ± 3,08	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Outside View (s)	10,50 ± 17,63	5,15 ± 4,80	4,67 ± 5,94	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Subgruppe 2 Assistenzärzte, n = 9	Performance score (%)	95,22 ± 4,84	97,22 ± 3,19	94,89 ± 5,62	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	274,04 ± 60,55	206,69 ± 52,91	195,19 ± 68,42	T1 vs. T2 p = 0,02* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,02*
		Left Instrument Path Length (m)	4,38 ± 2,01	3,18 ± 1,90	3,28 ± 2,05	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	1023,81 ± 419,15	763,11 ± 522,51	730,35 ± 470,64	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Outside View (n)	8,78 ± 7,66	6,11 ± 7,86	6,33 ± 6,28	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Outside View (s)	25,05 ± 30,50	17,21 ± 17,58	15,73 ± 15,77	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	5,29 ± 1,77	3,87 ± 1,63	4,53 ± 2,26	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	1220,45 ± 459,29	839,94 ± 405,69	973,37 ± 479,01	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Outside View (n)	2,44 ± 3,17	2,67 ± 3	2,33 ± 2,74	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Outside View (s)	3,95 ± 4,53	2,95 ± 4,75	2,82 ± 3,22	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Subgruppe 3 Fachärzte/Oberärzte, n = 10	Performance score (%)	98 ± 3,26	98,5 ± 2,55	99,1 ± 2,23	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	176,73 ± 82,80	117,81 ± 55,25	112,75 ± 45,11	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,04*
		Left Instrument Path Length (m)	3,02 ± 1,86	2,06 ± 1,12	2,54 ± 1,63	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	740,26 ± 455,46	486,87 ± 261,52	572,18 ± 329,08	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Outside View (n)	7,8 ± 8,09	5,9 ± 3,72	4,7 ± 2,45	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Outside View (s)	22,67 ± 17,91	18,89 ± 19,10	6,24 ± 3,62	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,01*
		Right Instrument Path Length (m)	3,95 ± 2,10	2,74 ± 1,54	2,52 ± 1,02	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	893,17 ± 481,31	596,50 ± 294,27	553,14 ± 254,78	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Outside View (n)	4,5 ± 5,04	2,3 ± 2,41	2,6 ± 3,02	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Outside View (s)	7,13 ± 7,58	3,20 ± 3,82	3,34 ± 4,35	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.



#### **4.6.2.2.2 „VR-cholecystectomy“**

Für die „high-fidelity“- Aufgabe „VR-cholecystectomy“ konnte, wie bereits bei der anderen „high-fidelity“- Aufgabe „intracorporal suturing“, zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst [T2] eine signifikante Verbesserung der Leistung dargestellt werden. Diese war besonders in der Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte) zu beobachten, welche v.a. in den Einzelanalysen „performance score“ (%), „left instrument path length“ (m) und „left instrument angular path“ (°) signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zu den Ergebnissen vor dem Nachtdienst zeigte. Die Leistung war nach einem Erholungsschlaf wieder mit den Ergebnissen vor dem Nachtdienst vergleichbar. Abbildung 42 zeigt exemplarisch die Einzelanalyse „left instrument path length“ (m) für die Subgruppe 3. Im Gegensatz zu der Gruppenanalyse konnte in der Subgruppenanalyse auch hinsichtlich der Ökonomie eine deutliche Verbesserung nach dem Nachtdienst festgestellt werden. Diese Ökonomieverbesserung war jedoch nicht in allen Subgruppen nachweisbar, sondern war für die Aufgabe „VR-cholecystectomy“ nur in der Subgruppe 3 festzustellen (Tabelle 13).



**Abb. 42: Subgruppenanalyse – „VR-Cholecystectomy“ – Subgruppe 3.**

Diese Abbildung veranschaulicht die Einzelanalyse „left instrument path length“ (m) der „high-fidelity“-Aufgabe „VR-cholecystectomy“. Diese Aufgabe diente der Analyse der kognitiven Fähigkeiten anhand der Ökonomie der Operationstechnik. Ein niedriger Wert bedeutet ökonomische Operationstechnik am VR-Simulator. Diese Abbildung zeigt die Ergebnisse der Subgruppe 3 (Fachärzte und Oberärzte,  $n = 10$ ) zu den einzelnen Messzeitpunkten. Es wurde eine signifikante Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst ermittelt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

**Tabelle 13: Subgruppenanalyse - „High-fidelity“-Aufgabe - „VR-Cholecystectomy“.**

Diese Tabelle ist eine Gegenüberstellung der drei Subgruppen zu den einzelnen Messzeitpunkten. Es werden die Einzelanalysen für die anspruchsvolle Aufgabe „VR-cholecystectomy“ dargestellt. Zusätzlich ist die Signifikanz der Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten aufgeführt. Nicht signifikant (n.s.) =  $p > 0,05$ .

VR-Aufgabe	Subgruppe	Parameter	vor Nachtdienst [T1]	nach Nachtdienst [T2]	nach Erholungsschlaf [T3]	Signifikanz
VR-Cholecystectomy	Subgruppe 1 PU-Studenten, n = 19	Performance score (%)	65,47 ± 11,52	72,05 ± 13,51	70,74 ± 10,78	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	478,97 ± 144,01	435,55 ± 215,43	415,23 ± 189,04	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Path Length (m)	2,07 ± 1,26	2,82 ± 3,03	2,00 ± 1,68	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	471,26 ± 289,18	681,02 ± 750,03	446,47 ± 374,76	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	6,25 ± 2,06	6,16 ± 3,04	5,51 ± 2,54	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	1069,94 ± 425,21	1050,12 ± 625,75	845,34 ± 420,28	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
	Subgruppe 2 Assistenzärzte, n = 9	Performance score (%)	68,22 ± 11,78	68,89 ± 16,67	69,22 ± 13,64	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Time to complete task (s)	561,27 ± 208,06	410,11 ± 195,17	594,44 ± 185,72	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Path Length (m)	2,36 ± 1,40	1,57 ± 0,89	2,34 ± 1,27	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	590,22 ± 403,48	322,71 ± 178,33	553,64 ± 351,61	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	7,57 ± 3,12	5,30 ± 2,61	8,04 ± 2,38	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 p = 0,03* T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	1290,61 ± 603,11	767,79 ± 420,39	1314,22 ± 511,61	T1 vs. T2 p = 0,049* T2 vs. T3 p = 0,02* T1 vs. T3 n.s.
	Subgruppe 3 Fachärzte/Oberärzte, n = 10	Performance score (%)	71,4 ± 10,89	80,6 ± 8,13	81,6 ± 9,62	T1 vs. T2 p = 0,046* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 p = 0,04*
		Time to complete task (s)	451,62 ± 221,07	433,78 ± 140,48	371,76 ± 142,18	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Path Length (m)	2,97 ± 1,68	1,59 ± 0,67	2,48 ± 1,87	T1 vs. T2 p = 0,03* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Left Instrument Angular Path (Grad °)	740,61 ± 470,17	372,08 ± 159,57	599,58 ± 479,97	T1 vs. T2 p = 0,03* T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Path Length (m)	7,04 ± 3,91	5,36 ± 1,44	5,48 ± 2,18	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.
		Right Instrument Angular Path (Grad °)	1234,57 ± 703,18	876,58 ± 322,45	924,56 ± 335,51	T1 vs. T2 n.s. T2 vs. T3 n.s. T1 vs. T3 n.s.

## 5 Diskussion

Schläfrigkeit und Erschöpfung aufgrund von Nachtdienst wurden über lange Zeit in der medizinischen Ausbildung akzeptiert, ohne Protest oder Gedanken an mögliche damit für die Patienten oder den Arzt verbundene Konsequenzen. Aktuell rückt der Einfluss von Übermüdung und Schläfrigkeit auf die Sicherheit von Patienten und Ärzten in den Fokus des öffentlichen Interesses. Schläfrigkeit kann Ärzte anfälliger für medizinische Fehlentscheidungen machen (Barger et al. 2005, 2006, 2009). Weiterhin kann es Ärzte zu schlechten Autofahrern machen - vor allem auf dem Heimweg von der Arbeit (Barger et al. 2005). Eine Studie zeigte, dass schläfrige Ärzte so scharfsichtig im Denken sind wie Menschen mit einem Blutalkoholpegel von 0,04-0,05‰ (Arnedt et al. 2005).

Ziel unserer Studie war es zu untersuchen, ob sich bei Chirurgen nach dem Nachtdienst Anzeichen von Schläfrigkeit finden und ob diese die chirurgische Leistung negativ beeinflusst.

### 5.1 Methodenkritik im Kontext der Weltliteratur

#### 5.1.1 Schlafdauer und Subjektive Schläfrigkeit (SSS)

Die Schlafdauer während des Nachtdienstes war in unserer Studie von im Mittel 6,69 Stunden vor dem Nachtdienst und 6,47 Stunden nach Erholungsschlaf auf 4,09 Stunden reduziert. Sehr ähnliche Reduktionen der Schlafdauer konnten auch in anderen Studien zum nächtlichen Bereitschaftsdienst festgestellt werden (Kiernan et al. 2006, Leff et al. 2008, Lehmann et al. 2010).

Bei der Stanford Sleepiness Scale (SSS) handelt es sich um ein schnelles, einfaches und valides Verfahren zur Erfassung der subjektiven Schläfrigkeit. Bereits 1981 konnten Herscovitch und Broughton die Sensitivität der Stanford Sleepiness Scale (SSS) für Aufmerksamkeitsdefizite nach partiellem Schlafdefizit nachweisen. Jedoch eignet sich dieses Messverfahren nicht, um die individuelle Leistungseffizienz nach Schlafmangel zu beurteilen (Herscovitch und Broughton 1981).

Wilhelm et al. konnten zeigen, dass eine positive Korrelation zwischen dem Wert auf der SSS, also der subjektiven Schläfrigkeit sowie dem Pupillenunruheindex, gemessen mit der Pupillographie, besteht (Wilhelm et al. 2009). Dieser Zusammenhang bestätigte sich in unserer Studie nicht.

Eine interessante Beobachtung in unserer Studie bestand in der Tatsache, dass sich erfahrene Chirurgen signifikant weniger schläfrig fühlten als weniger erfahrene Chirurgen, trotz nicht signifikant unterschiedlicher Schlafdauer während des Nachtdienstes. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass Chirurgen während ihrer chirurgischen Ausbildungszeit spezielle Fähigkeiten zur Kompensation oder Adaptation von Schlafdefizit entwickeln. In allen Studien, welche die Auswirkungen von Schlafmangel maßen, konnte gezeigt werden, dass die subjektive Schläfrigkeit nach dem Nachtdienst sowie aus anderen Gründen für akuten Schlafmangel signifikant erhöht war (Tomasko et al. 2012, Reimann et al. 2009). Auch unsere Studie bestätigte diese Untersuchungen und zeigte eine signifikante Erhöhung der subjektiven Schläfrigkeit auf der SSS-Skala nach dem Nachtdienst und zwar unabhängig vom Dienstgrad.

Aggarwal et al. untersuchten den Einfluss von Koffein und Taurin im Vergleich zu Placebo auf die psychomotorische Leistung am Laparoskopie-Simulator, die kognitive Leistung sowie die subjektive Schläfrigkeit anhand der SSS. Dafür rekrutierten sie 18 Chirurgen am Anfang ihrer Ausbildung. Sie konnten eine Minderung der subjektiven Schläfrigkeit durch die Einnahme der Stimulanzien feststellen, jedoch war dieser Effekt nicht gleichzusetzen mit dem Niveau erholter Probanden. Mit Hilfe von Koffein und Taurin konnte eine Leistungssteigerung am Laparoskopie-Simulator trotz Schlafdefizit erzielt werden. Die Fehlerquote blieb jedoch unbeeinflusst und war höher als im vollständig erholten Zustand (Aggarwal et al. 2011).

### **5.1.2 Cortisolkonzentration im Speichel**

Die Cortisolkonzentration im Speichel weist eine zirkadiane Rhythmik auf und gilt als physiologischer Biomarker im Zusammenhang mit Müdigkeit (Vangelova 2008).

Signifikante Speichel-Cortisol-Veränderungen wurden bei mentaler und physischer Müdigkeit festgestellt (Nozaki et al. 2009), während die reine Unterbrechung des Schlafes keine signifikanten Veränderungen zur Folge hatte (Dettenborn et al. 2007).

Dennoch zeigte ein systematisches Review eine geringe Korrelation von selbstbeurteiltem mentalem Stress zu Veränderungen der Cortisolsekretion im Speichel. Die Aussagekraft dieses Reviews ist jedoch durch die Vielzahl der analysierten, sehr unterschiedlichen Studiendesigns eingeschränkt (Hjortskov et al. 2004).

In unserer Studie konnte eine signifikante Herabsetzung der Aufmerksamkeit nach dem Nachtdienst festgestellt werden. Die Ergebnisse der Cortisol-Speichelkonzentration konnten die subjektive Müdigkeit der Probanden jedoch nicht widerspiegeln und es fanden sich keine signifikant unterschiedlichen Veränderungen in der Speichel-Cortisolsekretion zu den einzelnen Messzeitpunkten. Eine mögliche Ursache für dieses Ergebnis in unserer Studie könnte die kleine Kohorte sein, die begrenzte Anzahl an Messungen des Cortisolspiegels im Speichel pro Proband, die Varianz in der Abnahme (zwischen 8 und 12 Uhr am Vormittag) oder mögliche geschlechterspezifische, altersabhängige oder stressbedingte Einflüsse (Vangelova 2008, Dettenborn et al. 2007, Hjortskov et al. 2004, Field et al. 2005, Gustafsson et al. 2008, Larsson et al. 2009, Roberts et al. 2004).

Eine kürzlich veröffentlichte Studie maß die Cortisolkonzentration im Speichel von Krankenschwestern, welche sich am Ende ihrer Ausbildung befanden. Sie wurden einer simulierten Stresssituation ausgesetzt. Diese sollte eine reale klinische Situation nachahmen (Jones et al. 2011). Die Studie zeigte eine Erhöhung des Cortisolspiegels zum Zeitpunkt der Simulation verschiedener inszenierter Szenarien, wohingegen der Cortisolspiegel während wahrhaftiger klinischer Tätigkeiten unverändert blieb. Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen besteht in der Annahme, dass der Cortisolspiegel nicht nur bei Distress ansteigt, sondern ebenfalls bei Eustress, also positivem Stress, der zum Ansporn in kompetitiven Situationen oder bei Herausforderungen dient. Dies könnte bei einer Simulation von klinischen Szenarien der Fall sein. Zudem erfolgten die Messungen während des Klinikalltags zwölf Monate nach der Simulation, wodurch die Krankenschwestern in der Zwischenzeit bereits Bewältigungsstrategien entwickelt haben könnten, um mit derartigen Situationen besser umzugehen.

Eine Adaptation unserer Probanden an den Nachtdienst-assoziierten Stress und an die hierdurch bedingte Müdigkeit könnte eine Erklärung sein, warum in unserer Studie keine Veränderungen der Speichel-Cortisolkonzentration zu den verschiedenen Messzeitpunkten nachweisbar waren.

Auch sie könnten während ihrer Ausbildung bereits Bewältigungsstrategien erlernt haben, die mit einer besseren Kompensation und damit niedrigerem Stress in Assoziation mit dem Nachtdienst einhergehen könnten.

Hierfür spricht, dass in unserer Studie nur in der Gruppe der Ärzte bzw. Studenten mit der geringsten Berufserfahrung (Subgruppe 1) zu jedem Messzeitpunkt die höchsten Cortisolkonzentrationen im Speichel nachweisbar waren.

Es muss angenommen werden, dass die Probanden der Subgruppe 1 aufgrund des geringeren Erfahrungsschatzes mehr Stress infolge des Nachtdienstes erlebten und weniger an die Nachtdienste adaptiert waren, sodass sie im Vergleich zu den älteren und erfahrenen Chirurgen weniger Bewältigungsstrategien besessen haben könnten. Die erfahrensten Chirurgen (Subgruppe 3) wiesen interessanterweise im Vergleich zu den Messungen vor dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf signifikant niedrigere Speichel-Cortisolkonzentrationen nach dem Nachtdienst auf. Nach dem Nachtdienst war der Cortisolspiegel der Subgruppe 3 vergleichbar mit dem Cortisolspiegel der Subgruppe 2. Auch hier passt die Annahme eines geringeren Stressgrades im Zusammenhang mit höherem Erfahrungsschatz im Vergleich zu den Probanden der Subgruppe 1.

Larsson et al. wiesen nach, dass die Cortisolkonzentration, trotz gleicher Stresskonstellation, bei älteren Menschen höher ausfällt als bei jüngeren Menschen (Larsson et al. 2009). Dies konnte in unserer Studie nicht bestätigt werden, da in der Gruppe der ältesten Chirurgen die niedrigsten Cortisolkonzentrationen nachweisbar waren.

Eine mögliche Einflussgröße auf die Ergebnisse unserer Studie besteht darin, dass die Messung der Speichel-Cortisolkonzentration nicht direkt nach dem Aufwachen der Probanden erfolgte. Roberts et al. konnten in ihrer Studie zeigen, dass die Cortisolkonzentration innerhalb der ersten 30 Minuten nach dem Aufwachen am höchsten ist und danach stetig absinkt (Roberts et al. 2004).

In unserer Studie wurde kein fixierter Zeitpunkt nach dem Aufwachen festgelegt, da die Probanden ein unterschiedliches Schlafverhalten und unterschiedliche Schlaforte (zu Hause versus Klinik) aufwiesen und einige während des Nachtdienstes überhaupt nicht schliefen.

In zukünftigen Studien sollte daher zur Überprüfung unserer Ergebnisse eine Instruktion der Probanden vor Studienbeginn zur Speichelgewinnung für die Cortisolmessung erfolgen, sodass diese selbstständig, z. B. 30 min nach dem Aufwachen, durchgeführt werden kann. Nachteilig bei einer solchen Studienkonstruktion ist die fehlende Gewährleistung einer korrekten Probengewinnung durch fehlende Supervision.

### 5.1.3 Pupillographie

Um den subjektiven Grad der Übermüdung zu objektivieren, verwendeten wir das Verfahren der Messung des Pupillenunruheindex mittels Pupillographie. Die Pupillographie gilt als zuverlässiges Messinstrument zur Beurteilung des Müdigkeitszustandes (Morad et al. 2000). Vigilanz beschreibt einen Grad an Erregung auf der Schlaf-Wach-Achse. Es existiert eine Beziehung zwischen der Pupillendynamik und der Schläfrigkeit. Lowenstein und Feinberg sowie Ludtke et al. beschrieben, dass sich bei schläfrigen Personen, die sich in der Dunkelheit aufhalten, zunächst eine Pupillendilatation entwickelt und die Pupillen nachfolgend zunehmend miotisch werden. Zusätzlich beginnen die Pupillen langsam zu oszillieren mit einer Frequenz von  $<0,8$  Hz, wobei die Amplituden 1 mm überschreiten können. Diese Oszillationen werden als Schläfrigkeitwellen der Pupille bezeichnet (Lowenstein und Feinberg 1963, Ludtke et al. 1998). Ihr Auftreten hat zur Entwicklung eines pupillographischen Schläfrigkeitstests (PST) geführt. Viele Methoden wurden entwickelt, um die Ergebnisse des PST zu quantifizieren. Ein Marker ist der Pupillenunruheindex (PUI) in mm/min, welcher die integrierte Summe der langsamen Bewegungen während einer Dunkelperiode darstellt. Wilhelm et al. konnten zeigen, dass dieser Index mit anderen objektiven (EEG) und subjektiven (SSS) Methoden bei gesunden Personen korreliert (Wilhelm et al. 2001, Danker et al. 2001, Wilhelm et al. 2009). Weiterhin zeigten sie in einer Studie, dass Ärzte nach dem Nachtdienst trotz einer durchschnittlichen Schlafdauer von 4 Stunden einen signifikanten Anstieg des PUI-Wertes aufwiesen. Dafür untersuchten sie 34 Ärzte mit Hilfe des PST in der ersten Tageshälfte eines normalen Arbeitsalltags sowie zum Zeitpunkt nach Nachtdienst (Wilhelm et al. 2009). Auch bei der Untersuchung von 1180 Lastkraftwagen (LKW)- und Busfahrern in Österreich konnten anhand des PST erhöhte PUI-Werte festgestellt werden, die auf eine erhöhte Schläfrigkeit der Fahrer hinwiesen (Wilhelm 2008).



Überraschenderweise fanden wir in der vorliegenden Studie keine signifikanten Unterschiede für den PUI vor dem Nachtdienst, nach dem Nachtdienst und nach Erholungsschlaf. Dieses Ergebnis stimmt mit den Ergebnissen von Reimann et al. überein (Reimann et al. 2009). Sie fanden heraus, dass Neurologen, die einen ganzen Tag und die ganze Nacht oder mehrere Nachtschichten hintereinander arbeiteten, sich zwar schläfrig fühlten, jedoch keine Veränderung im PUI zeigten.

Die Subgruppenanalyse unserer Studie zeigte einen zwar nicht signifikanten, jedoch deutlichen Unterschied des PUI zwischen der Subgruppe 1 und den beiden anderen Subgruppen. Dieser äußerte sich in einem wesentlich höheren PUI in der Subgruppe 1 zu jedem Messzeitpunkt. Zurückzuführen könnte dies auf geringere Kompensationsmöglichkeiten dieser Subgruppe sein, welche vor allem aus Ärzten bzw. Studenten bestand, die sich am Anfang ihrer Ausbildung befanden. Womöglich können diese im Vergleich zu erfahreneren Chirurgen schlechter abschätzen wie viel Schlaf benötigt wird, brauchen evtl. länger zum Erledigen ihrer Aufgaben und sind weniger gut an ein Schlafdefizit adaptiert. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Subgruppe 1 im Gegensatz zur Subgruppe 3 während des Nachtdienstes für den Vordergrunddienst zuständig war. D.h., die Ärzte bzw. PJ-Studenten dieser Subgruppe waren zu jeder Zeit in der Klinik und hauptverantwortlich für die Versorgung der stationären Patienten sowie der Notfälle. Ärzte der Subgruppe 3 waren zumeist im Hintergrund tätig, d.h., sie verbrachten den Nachtdienst meist zu Hause und wurden nur für höchst komplizierte Fälle in die Klinik gerufen. Somit kann von einem anstrengenderem Nachtdienst für die Subgruppe 1 im Vergleich zur Subgruppe 3 ausgegangen werden, wodurch sich der erhöhte PUI und ein höherer Schläfrigkeits-/Erschöpfungsgrad der Subgruppe 1 erklären könnte. Das Alter der Probanden spielt bei der Beurteilung des PUI keine wesentliche Rolle. Wilhelm et al. konnten zeigen, dass der PUI nicht mit dem Alter oder dem Geschlecht korreliert (Wilhelm et al. 2001).

#### **5.1.4 D2-Durchstreichtest**

Der D2-Durchstreichtest ist einer der am meisten verwendeten Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests. Er zeichnet sich durch hohe Testgütekriterien aus und gilt als objektiv, valide und reliabel mit einer Test-Retest-Reliabilität von  $r_{tt} > 0,90$ . Die Stabilität der Variablen ist hoch (Test-Retest 5 Stunden bis 23 Monate).

Weiterhin gilt er als intelligenzunabhängig und ist schnell und einfach durchzuführen (Brickenkamp und Zillmer 1998, Bates und Lemay 2004).

In unserer Studie zeigte die Auswertung des D2-Tests einen signifikanten Anstieg der objektiven Aufmerksamkeit nach dem Nachtdienst im Vergleich zu den Messungen vor dem Nachtdienst. Nach Erholungsschlaf zeigte sich eine weitere Verbesserung der objektiven Aufmerksamkeit (Abb. 31). Diese Beobachtungen könnten auf einen Lerneffekt zurückzuführen sein und nicht auf eine durch den Nachtdienst verbesserte Konzentrationsfähigkeit. Nichtsdestotrotz demonstrieren unsere Ergebnisse, dass die Gedächtniskonsolidierung sowie auch der Informationsabruf aus dem Gedächtnis und somit die kognitive Leistung durch den Nachtdienst unbeeinträchtigt bleibt. Diese Erkenntnisse wurden durch eine prospektiv randomisierte cross-over-Studie bekräftigt, welche die Auswirkung von akutem partiellem Schlafdefizit auf die kognitive Leistung und das deklarative Gedächtnis untersuchte. Dafür beobachteten Kopasz et al. 22 Jugendliche im Alter zwischen 14 und 16 Jahren in drei aufeinanderfolgenden Nächten. In der Testgruppe diente die erste Nacht der Adaptation und beinhaltete eine Schlafdauer von neun Stunden. In der zweiten Nacht wurde eine partielle Schlafverkürzung auf insgesamt vier Stunden Schlaf vorgenommen. Die dritte Nacht galt als Erholungsnacht, in welcher die Probanden erneut neun Stunden schliefen. Die Kontrollgruppe durchlief hingegen die gleichen Tests mit jeweils drei Nächten mit je neun Stunden Schlaf. Die gesamte Studie fand in einem Schlaflabor statt, in welchem die Probanden rund um die Uhr unter Beobachtung standen. Am Nachmittag vor der zweiten Nacht mussten sowohl die Probanden der Testgruppe als auch die der Kontrollgruppe mehrere Lerneinheiten für das deklarative Gedächtnis durchlaufen. Dabei wurde sowohl das visuelle als auch das verbale Gedächtnis getestet, indem Wegrouten sowie auch Beschreibungen verinnerlicht werden mussten. Am Morgen nach der dritten Nacht sollten diese abgerufen werden. Zusätzlich wurden zu diesem Zeitpunkt verschiedene Konzentrations- und Aufmerksamkeitstests durchgeführt. Dabei zeigte sich kein langfristiger Effekt des partiellen Schlafdefizits auf die kognitive Leistung von Jugendlichen. Lediglich die subjektive Schläfrigkeit war in der Testgruppe im Vergleich zu der Kontrollgruppe nach der dritten Nacht signifikant erhöht. (Kopasz et al. 2010). Auch Tomasko et al. konnten zeigen, dass Schlafmangel zu einer höheren mentalen Arbeitsbelastung führt, jedoch das Erlernen von neuen Aufgaben trotz erhöhter Schläfrigkeit möglich ist (Tomasko et al. 2012).

Eine neue Studie, welche den D2-Test zur Erfassung der Aufmerksamkeit nach Schlafdefizit bei Krankenschwestern anwendete, demonstrierte, dass Krankenschwestern, welche in einem Rotationssystem arbeiteten, nach der nächtlichen Schicht eine signifikant höhere Fehlerrate im D2-Test aufwiesen, als ihre Kolleginnen während einer fixen Tagesschicht ohne Rotationen. Die Krankenschwestern der Tagschicht erreichten eine höhere GZF und KL. Die Krankenschwestern der Nachtschicht waren insgesamt langsamer und ungenauer in der Durchführung der Aufgabe. Angenommen wurde, dass mindestens zwei arbeitsfreie Tage nach einer Nachtschicht-Rotation benötigt werden, um ein adäquates Anpassen an die zirkadiane Rhythmik zu gewährleisten und somit zur Patienten- und eigenen Sicherheit, Einbußen in der Konzentrationsleistung zu vermeiden (Niu et al. 2012).

Auch andere voneinander unabhängige Studien postulieren eine mindestens zweitägige Erholungsphase nach dem Nachtdienst zur Wiedererlangung der ursprünglichen Leistungs- und Konzentrationsfähigkeit (Ikegami et al. 2009, Malmberg et al. 2010, Rose et al. 2008).

Budde et al. konnten in einer Studie mit 46 Studenten zeigen, dass sich die Konzentrationsleistung durch physische Aktivität deutlich verbessern lässt. Darstellen konnten sie dies unter Zuhilfenahme des D2-Tests. Dabei zeigten Studenten nach sportlicher Betätigung im Vergleich zu Studenten mit körperlicher Ruhe vor dem Testverfahren eine deutliche Steigerung der Ergebnisse und somit der kognitiven Leistung. Als mögliche Erklärung dafür wurde ein Zusammenhang von physischer Aktivität und dem Metabolismus des Gehirns genannt. Dabei kommt es zur neurobiologischen Adaptation, welche die selektiven kognitiven Prozesse, wie z.B. Aufmerksamkeit, unterstützen und erleichtern (Budde et al. 2012).

In unserer Studie wurden die Probanden nach ihrer sportlichen Betätigung in der Freizeit befragt. Über die Hälfte der Teilnehmer (63%) gab an, in ihrer Freizeit sportlich aktiv zu sein.

Kritisch anzumerken ist die Tatsache, dass der Test nur eine kurzzeitige Konzentrationsleistung erfasst (Testdauer insgesamt 4 min 40 sec). Dies ist nach Schlafdefizit, im Wissen um die kompetitive Herausforderung der Untersuchungen, durch die Probanden möglicherweise als zumutbar empfunden worden.

Hingegen konnte alleinig mit diesem Testverfahren keine Aussagekraft über die kognitive Leistung über einen längeren Zeitraum gemacht werden, welche im klinischen Alltag eine wesentliche Rolle spielt. Diese längerfristige Aufmerksamkeit konnten wir mit dem nachfolgenden Verfahren der laparoskopischen Simulation erfassen.

### 5.1.5 VR-Simulator LapSim®

Mit dem Laparoskopie-Simulator wollten wir sowohl den Einfluss des nächtlichen Dienstes und des damit verbundenen Schlafdefizits auf die technischen Fertigkeiten der Chirurgen als auch deren kognitive Fähigkeiten untersuchen.

Die Basis-Leistung von „low-fidelity“-Aufgaben („cutting“ und „clip applying“) zur Überprüfung der technischen Fähigkeiten am Simulator veränderte sich während der gesamten Studienperiode nicht. Im Gegensatz dazu verbesserte sich die Leistung in den anspruchsvolleren „high-fidelity“-Aufgaben („intracorporal suturing“, „VR-cholecystectomy“) nach dem Nachtdienst signifikant.

Wir konnten einen Anstieg von technischen Fehlern und eine prolongierte Durchführungszeit nach dem Nachtdienst, wie er in anderen VR-Studien postuliert wurde, nicht reproduzieren (Grantcharov et al. 2011, Taffinder et al. 1998, Eastridge et al. 2003, Kahol et al. 2008). Stattdessen bestätigten unsere Daten die Resultate von anderen VR-Studien, welche keine Beeinträchtigung von kognitiven Fähigkeiten nach einem 24-Stunden Dienst zeigten (DeMaria et al. 2005, Lehmann et al. 2010, Jakubowicz et al. 2005, Kahol et al. 2009, Erie et al. 2011).

Ähnliche Ergebnisse wurden im American Board of Surgery publiziert, dabei zeigte die geprüfte Leistung von Ärzten nach einem 24-Stunden Dienst keine Verschlechterung (Stone et al. 2000).

Bezogen auf die Gesamt-Leistung technischer Fähigkeiten zeigten unsere Messungen vor dem Nachtdienst insgesamt die schlechtesten Ergebnisse. Da jedoch ein ausgiebiges VR-Training als Voraussetzung zur Teilnahme an unserer Studie galt, kann die Verbesserung nach dem Nachtdienst nicht als bloßer Lern-, Trainings- oder Gewöhnungseffekt gewertet werden. Stattdessen erscheint es als eher wahrscheinlich, dass die Verbesserung kognitiver Parameter nach dem Nachtdienst ihren Ursprung in Bewältigungsstrategien hat. Diese Bewältigungsstrategien können die subjektive Müdigkeit, entsprechend der Situationen, die Aufmerksamkeit und Konzentration verlangen, anpassen (Leff et al. 2008, Collins et al. 2009).

Aktive, bewusste Konzentration in wichtigen Situationen könnte in diesem Zusammenhang ein relevanter psychologischer Schlüsselfaktor sein (Collins et al. 2009). Psychomotorische Basis-Fähigkeiten blieben unbeeinträchtigt, weil sie möglicherweise automatisch als realisierbar bewertet wurden.

Es gibt noch viele andere mögliche Gründe für die von uns nachgewiesenen verbesserten Ergebnisse in Bezug auf die objektive Aufmerksamkeit und chirurgische Leistungsfähigkeit von „high-fidelity“-VR-Aufgaben nach dem Nachtdienst. Zum einen gab das Studiendesign vornehmlich Aufgaben vor, die mittelschwere Fertigkeiten mit einer maximalen Dauer von 20-30 Minuten erforderten. Die Teilnehmer kannten die durchschnittliche Dauer der Tests und waren möglicherweise imstande, ein hohes Konzentrationslevel für einen vorhersehbaren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Zudem wurden typische chirurgische Fertigkeiten mittels eines VR-Simulators gemessen, was die Teilnehmer, ähnlich einem Computerspiel, möglicherweise dazu anregte, ein bestmöglichstes Ergebnis zu erzielen.

Ferner wurde die Studie mit hoch motivierten und freiwillig teilnehmenden Chirurgen in einem kompetitiven universitären Umfeld durchgeführt. Somit sind die Ergebnisse evtl. nicht auf alle chirurgischen Tätigkeiten, die während der täglichen Routinearbeit anfallen, zu übertragen. Dennoch bestehen chirurgische Alltagssituationen oft in Aufgaben, in denen der Chirurg versuchen muss, die ihm zugeteilten Aufgaben für eine vorhersehbare Zeitspanne so gut wie möglich durchzuführen. Die Dringlichkeit einer Notfalloperation und die möglichst gute und zeitsparende Ausführung einer solchen Operation ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zu den meisten anfallenden Arbeiten in nicht operativen, respektive interventionellen Fächern. Die Adaptation an solche außergewöhnlichen Situationen könnte erklären, warum in Studien zum Schlafdefizit Leistungsunterschiede zwischen Chirurgen und Ärzten anderer Fachgebiete nachgewiesen werden konnten (Philibert 2005, Veasey et al. 2002). Veasey et al. erwähnten die mögliche Selbstselektion chirurgischer Ärzte und dass diese vermutlich weniger anfällig sind für Effekte, die mit Schlafdefizit assoziiert sind (Veasey et al. 2002).

## 5.2 Schlussfolgerung

Es gibt keinen Zweifel, dass schwerwiegender Schlafmangel die menschliche Funktionsfähigkeit beeinträchtigt. Eine Arbeitszeitlimitierung in medizinischen Berufen wurde daher in mehreren Ländern eingeführt, um sowohl die Patientensicherheit als auch die Sicherheit des Personals zu verbessern. Im Hinblick auf einen zunehmenden Mangel an ausgebildeten Chirurgen, selbst in gut entwickelten Ländern wie Deutschland und Großbritannien, werden 24-Stunden Dienste auch in der nahen Zukunft ein unvermeidbarer Teil der chirurgischen Versorgung bleiben. Verschiedene Variablen wirken sich auf die Leistung unter dem Einfluss von akutem Schlafdefizit aus. Zu diesen gehören beispielsweise das Ausmaß des Schlafmangels, das Interesse und die Motivation an der Arbeit, die zu erwartende Dauer der Aufgaben und möglicherweise ein steigender chirurgischer Erfahrungsschatz mit der Akquirierung von Bewältigungsstrategien während der 24-Stunden Dienste.

Nichtsdestotrotz bleibt die Interpretation der von uns erhobenen Daten sowie auch Daten ähnlicher Studien (Lehmann et al. 2010) ein kontroverses Thema und es sind Studien mit größeren Populationen und unter vereinheitlichten Bedingungen notwendig, um den Einfluss von Stress und Schlafmangel auf chirurgische Fähigkeiten weiter zu entschlüsseln.

Unsere Ergebnisse, vor allem in Bezug auf die Fähigkeiten am VR-Simulator, können ein tadelloses Arbeiten unter dem Effekt von Schlafmangel nicht sicher bestätigen. Unsere Ergebnisse können ebenso wenig die Gesamtleistung von Chirurgen mit Schlafmangel beurteilen, da weniger abwechslungsreiche Routinearbeiten (z.B. Laborbefunde ansehen und auswerten) in unserem Studiendesign nicht berücksichtigt wurden. Dennoch scheinen typische chirurgische Fähigkeiten, wie technische und kognitive Leistungen sowie objektive Aufmerksamkeit unter dem Einfluss von einem limitierten Schlafdefizit während eines 24-Stunden Dienstes unbeeinträchtigt zu sein.

Durch die in unserer Studie erhobenen Ergebnisse konnte unsere Hypothese, dass 24-Stunden Bereitschaftsdienste die chirurgische Leistung und die kognitiven Fähigkeiten sowie objektive Parameter zur Messung von Müdigkeit, wie den Cortisolspiegel im Speichel und den Pupillenunruheindex, beeinträchtigen, nicht bestätigt werden. Hingegen konnte, wie in unserer Hypothese postuliert, eine Veränderung in der subjektiven Wahrnehmung von Müdigkeit klar gezeigt werden.

### 5.3 Resümee

Zusammenfassend scheint die Nachtdienst-assoziierte Müdigkeit mehr eine kurzzeitige subjektive Empfindung und nach 24 Stunden Erholung überwunden zu sein. Die subjektiv empfundene vermehrte Schläfrigkeit, gemessen anhand der SSS nach dem Nachtdienst, konnte nicht mittels physiologischer Parameter wie der Cortisolkonzentration im Speichel oder dem Pupillenunruheindex bestätigt werden. Auch beeinträchtigte die mit dem Nachtdienst verbundene Müdigkeit nicht die grundsätzlichen technischen Fähigkeiten am VR-Simulator. Überraschenderweise verbesserten sich die kognitiven Fähigkeiten bezüglich komplexer VR-Aufgaben sowie psychologischer Untersuchungen nach dem Nachtdienst signifikant. Diese Verbesserung steht möglicherweise in einem Zusammenhang mit erworbenen Bewältigungsstrategien, welche durch Personen in einem Beruf akquiriert werden, der trotz subjektiver Müdigkeit oft vollste Aufmerksamkeit erfordert.

## 5.4 Ausblick in die Zukunft

Im Vergleich der Studien vor Einführung der Arbeitszeitlimitierung zu denen nach deren Einführung können keine klaren Aussagen über die Konsequenzen von Schlafmangel getroffen werden. Die Studienlage ist widersprüchlich. Sicher ist, dass Beeinträchtigungen durch Schlafmangel auftreten, seien sie psychischer oder physischer Natur.

Unsere Studie konnte vor dem Hintergrund der aktualisierten Arbeitszeitlimitierung zeigen, dass die subjektive Schläfrigkeit, die durch Schlafmangel während des Nachtdienstes empfunden wird, im Vordergrund steht und diese sich zum Teil auf das Arbeitsgeschehen in der Klinik auswirken kann.

Klar ist, dass die Arbeitszeitlimitierung sicherlich ein wichtiger Schritt ist, um die Arbeitssituation der Ärzte in Zukunft zu verbessern und auch die Sicherheit und zuverlässige Betreuung der Patienten zu gewährleisten. Da in unserer Studie keine negativen Auswirkungen des Nachtdienstes auf die technischen Fähigkeiten gezeigt werden konnten und sich die kognitive Leistung sogar verbesserte, ist davon auszugehen, dass 24-Stunden Dienste nicht zwingend einen negativen Einflussfaktor auf die Behandlungsqualität der Ärzte darstellen. Dennoch bedarf es weiterer Studien auf diesem Gebiet, um den Einfluss von Schlafmangel, der trotz aktueller Arbeitszeitlimitierung weiterhin bestehen wird, näher zu untersuchen und zu spezifizieren. Nur so ist ein Ausbau bzw. eine Weiterentwicklung der Regelungen und somit eine Verbesserung der Patientenbehandlung und der ärztlichen Arbeitssituation möglich.



## **6 Zusammenfassung**

### **6.1 Zusammenfassung**

#### **Einleitung**

Die Auswirkungen von akutem Schlafmangel auf die chirurgische Leistungsfähigkeit werden kontrovers diskutiert. Die vorliegende Studie wurde konzipiert, um physiologische Parameter der Übermüdung mit objektiven, technischen und kognitiven Fähigkeiten und mit subjektiv empfundener Schläfrigkeit von Chirurgen zu korrelieren. Ziel dieser Studie war es, Auswirkungen eines akuten partiellen Schlafdefizits auf chirurgische Leistungen zu untersuchen.

#### **Methoden**

38 Chirurgen wurden am Morgen dreier aufeinanderfolgender Tage untersucht: vor einem 24-stündigen Nachtdienst, nach einem Nachtdienst und nach 24-stündiger Erholung. Die jeweilige Schlafdauer wurde erfasst. Die subjektive Schläfrigkeit wurde mit Hilfe der standardisierten Stanford Sleepiness Scale (SSS) gemessen. Die Cortisolkonzentration im Speichel und der Pupillenunruheindex wurden mittels der standardisierten ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay)-Untersuchung sowie der Pupillographie, als objektivierbare physiologische Parameter für Ermüdung, gemessen. Der virtuelle Realitäts (VR)-Simulator LapSim® wurde zur Messung von technischen sowie von kognitiven Fähigkeiten verwendet. Basisaufgaben („low-fidelity“) wie „Schneiden“ und „Clip-Applikation“ dienten zur Beurteilung von technischen Fähigkeiten. Anspruchsvollere Aufgaben am VR-Simulator („high-fidelity“) wie „intrakorporales Nähen“ und „VR-Cholezystektomie“ untersuchten die kognitiven Fähigkeiten. Die objektive Aufmerksamkeit wurde mit Hilfe des standardisierten D2-Durchstreichtests ermittelt.

## **Ergebnisse**

Die Schlafdauer ( $p = 0,001$ ) und die subjektive Schläfrigkeit (SSS) ( $p = 0,001$ ) verschlechterten sich signifikant nach dem Nachtdienst. Weder der Cortisolspiegel im Speichel ( $p = 0,80$ ) noch der Pupillenunruheindex ( $p = 0,64$ ) oder die technische Leistung in den Basisaufgaben des VR-Simulators zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Messzeitpunkten.

Interessanterweise konnte eine signifikante Verbesserung in den anspruchsvolleren Aufgaben des VR-Simulators zum Zeitpunkt nach dem Nachtdienst dargestellt werden. Diese war insbesondere in den Einzelanalysen „Fehlerscore“ ( $p = 0,045$ ), „Durchführungszeit“ ( $p = 0,0001$ ) und „Ökonomie der Instrumentenbewegung“ ( $p = 0,0001$ ) nachweisbar. Analog dazu verbesserte sich die objektive Aufmerksamkeit, gemessen mit dem D2-Durchstreichtest ( $p = 0,027$ ), zum Messzeitpunkt nach dem Nachtdienst ebenfalls signifikant.

## **Schlussfolgerung**

Akute, mit dem Nachtdienst-assoziierte Übermüdung scheint größtenteils eine subjektive Empfindung zu sein. Physiologische Faktoren scheinen die zu erwartende Müdigkeits-assoziierte Beeinträchtigung von technischer Leistung in den Basisaufgaben des VR-Simulators auszugleichen. Akuter, partieller Schlafmangel scheint einen kurzzeitigen positiven Effekt auf die kognitiven Fähigkeiten von Chirurgen zu haben. Dies führt zu verbesserten technischen Leistungen und gesteigerter objektiver Aufmerksamkeit bei der Ausführung komplexer Aufgaben.

## **Ausblick in die Zukunft**

Trotz der kontroversen Datenlage bezüglich der Auswirkungen von Schlafmangel nach 24-stündigem Nachtdienst ist von einer Beeinträchtigung der ärztlichen Funktionsfähigkeit auszugehen. Die Arbeitszeitlimitierung ist ein wichtiger Schritt zur Verbesserung der ärztlichen Arbeitssituation und zur Gewährleistung einer sicheren Patientenversorgung. Dennoch bedarf es weiterer Studien auf diesem Gebiet, um die Effekte von Schlafmangel zu spezifizieren und dadurch die bereits vorhandenen Regelungen optimieren zu können.

## 6.2 Summary

### Background

The effect of acute partial sleep deprivation on surgical proficiency is still controversially discussed. The present study correlated physiological parameters of fatigue with objective technical and cognitive skills as well as subjective sleepiness of surgical residents. The aim of this study was to assess the effect of acute partial sleep deprivation on surgical performance.

### Methods

Thirty-eight surgeons were explored on three consecutive mornings: prior to a 24 hour call, post-call and after 24 hours resting. Reported hours of sleep were recorded. Subjective alertness was assessed using the standardized Stanford Sleepiness Scale (SSS). Saliva cortisol concentrations and pupillary activity were measured by standardized ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) and pupillography. The virtual reality (VR)-simulator LapSim® was used to assess technical skills through low-fidelity VR-tasks (“cutting”, “clip applying”) and cognitive skills through high-fidelity VR-tasks (“intracorporeal suturing”, “VR-cholecystectomy”). Objective alertness was measured by the standardized d2-Paper-Pencil-Test.

### Results

Recorded hours of sleep ( $p = 0.001$ ) and subjective alertness (SSS) decreased ( $p = 0.001$ ) significantly post-call. Neither saliva cortisol concentrations ( $p = 0.80$ ), pupillary activity ( $p = 0.64$ ) nor VR-performances of low-fidelity VR-tasks differed significantly between assessments. Surprisingly, VR-performance of high-fidelity VR-tasks (“error score”  $p = 0.045$ , “time to complete task”  $p = 0.0001$ , “economy of instrument motion”  $p = 0.0001$ ) and objective alertness (d2-Paper-Pencil-Test  $p = 0.027$ ) significantly improved in the post-call setting.

## **Conclusion**

Acute call-associated fatigue seems to be a predominant subjective perception. Physiological factors seem to outbalance an anticipated fatigue-associated impairment of technical performances within low-fidelity VR-tasks. In surgical residents, acute partial sleep deprivation seems to have a positive short-term effect on cognitive skills, leading to enhanced technical performance and increased objective alertness within complex tasks.

## **Foresight**

The data concerning the effect of sleep deficiency after 24 hours on-call is still contradictory. However a derogation of the residents' reliability is to assume. The work hour limitation is an important step towards the improvement of the residents' working conditions and a warranty for the safe patient care. Nevertheless further research is needed to enumerate the effects of sleep deficiency for being able to optimize the existing directives.

## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Literaturverzeichnis

Accreditation Council for Graduate Medical Education. Report of the ACGME Work Group on Resident Duty Hours. Chicago, IL: Accreditation Council for Graduate Medical Education; June 11, 2002a; [Online] Verfügbar unter: [http://www.acgme.org/acWebsite/dutyhours/dh\\_wkgroupeport611.pdf](http://www.acgme.org/acWebsite/dutyhours/dh_wkgroupeport611.pdf) [02.09.2012]

Accreditation Council for Graduate Medical Education. The role of the ACGME, Chicago: 2002b; 12; [Online] Verfügbar unter: <http://www.acgme.org/About/roleAcgme.asp> [2010]

ACGME. Common program requirements – duty hour requirements. 2003; [Online] Verfügbar unter: <http://www.acgme.org/DutyHours/dutyHoursCommonPR.pdf> [2010]

Aggarwal R, Grantcharov TP, Eriksen JR, Blirup D, Kristiansen VB, Funch-Jensen P, Darzi A. An evidence-based virtual reality training program for novice laparoscopic surgeons. Ann Surg 2006; 244(2): 310-4.

Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. Br J Surg 2004; 91(12): 1549-58.

Aggarwal R, Mishra A, Crochet P, Sirimanna P, Darzi A. Effect of caffeine and taurine on simulated laparoscopy performed following sleep deprivation. Br J Surg. 2011; 98(11): 1666-72.

Ahlberg G, Enochsson L, Gallagher AG, Hedman L, Hogman C, McClusky DA 3rd, Ramel S, Smith CD, Arvidsson D. Proficiency-based virtual reality training significantly reduces the error rate for residents during their first 10 laparoscopic cholecystectomies. Am J Surg 2007; 193(6): 797-804.

Arnedt JT, Owens J, Crouch M, Stahl J, Carskadon MA. Neurobehavioral performance of residents after heavy night call vs after alcohol ingestion. JAMA 2005; 294(9): 1025-33.

Asch DA, Parker RM. The Libby Zion case. One step forward or two steps backward? N Engl J Med 1988; 318(12):771-5.

Barger LK, Cade BE, Ayas NT, Cronin JW, Rosner B, Speizer FE, Czeisler CA. Extended work shifts and the risk of motor vehicle crashes among interns. N Engl J Med 2005; 352(2): 125-34.

Barger LK, Ayas NT, Cade BE, Cronin JW, Rosner B, Speizer FE, Czeisler CA. Impact of extended-duration shifts on medical errors, adverse events, and attentional failures. PLoS Med 2006; 3(12): e487.

Barger LK, Lockley SW, Rajaratnam SM, Landrigan CP. Neurobehavioral, health, and safety consequences associated with shift work in safety-sensitive professions. Curr Neurol Neurosci Rep 2009; 9(2): 155-64.

Bartle EJ, Sun JH, Thompson L, Light AI, McCool C, Heaton S. The effects of acute sleep deprivation during residency training. Surgery 1988; 104(2): 311-6.

Bates ME, Lemay EP, Jr. The d2 Test of attention: construct validity and extensions in scoring techniques. J Int Neuropsychol Soc 2004; 10(3): 392-400.

Brickenkamp R, Zillmer E: The d2 Test of Attention. Seattle: Hogrefe-Huber Publishers, 1998.

Budde H, Brunelli A, Machado S, Velasques B, Ribeiro P, Arias-Carrión O, Voelcker-Rehage C. Intermittent maximal exercise improves attentional performance only in physically active students. Arch Med Res. 2012; 43(2): 125-31.

Collins A, Hill LE, Chandramohan Y, Whitcomb D, Droste SK, Reul JM. Exercise improves cognitive responses to psychological stress through enhancement of epigenetic mechanisms and gene expression in the dentate gyrus. PLoS One 2009; 4: e4330.

Contardi S, Pizza F, Sancisi E, Mondini S, Cirignotta F. Reliability of a driving simulation task for evaluation of sleepiness. Brain Res Bull 2004; 63(5): 427-31.

Danker-Hopfe H, Kraemer S, Dorn H, Schmidt A, Ehlert I, Herrmann WM. Time-of-day variations in different measures of sleepiness (MSLT, pupillography, and SSS) and their interrelations. Psychophysiology 2001; 38(5): 828-35.

DeMaria EJ, McBride CL, Broderick TJ, Kaplan BJ. Night call does not impair learning of laparoscopic skills. Surg Innov 2005; 12(2): 145-9.

Dettenborn L, Rosenloecher F, Kirschbaum C. No effects of repeated forced wakings during three consecutive nights on morning cortisol awakening responses (CAR): a preliminary study. Psychoneuroendocrinology 2007; 32(8-10): 915-21.

Dinges DF, Pack F, Williams K, Gillen KA, Powell JW, Ott GE, Aptowicz C, Pack AI. Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. Sleep 1997; 20(4): 267-77.

Eastridge BJ, Hamilton EC, O'Keefe GE, Rege RV, Valentine RJ, Jones DJ, Tesfay S, Thal ER. Effect of sleep deprivation on the performance of simulated laparoscopic surgical skill. Am J Surg 2003; 186(2): 169-74.

Erie EA, Mahr MA, Hodge DO, Erie JC. Effect of sleep deprivation on the performance of simulated anterior segment surgical skill. Can J Ophthalmol. 2011; 46(1): 61-5.

European Commission. Communication from the commission to the european parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Reviewing the Working Time Directive. 2010. COM(2010) 801/3.

Field T, Hernandez-Reif M, Diego M, Schanberg S, Kuhn C. Cortisol decreases and serotonin and dopamine increase following massage therapy. Int J Neurosci 2005; 115(10): 1397-413.

Fietze I, Strauch J, Holzhausen M, Glos M, Theobald C, Lehnkering H, Penzel T. Sleep quality in professional ballet dancers. Chronobiol Int 2009; 26(6): 1249-62.

Gaba DM, Howard SK. Patient safety: fatigue among clinicians and the safety of patients. N Engl J Med 2002; 347(16): 1249-55.

Gander P, Purnell H, Garden A, Woodward A. Work patterns and fatigue-related risk among junior doctors. Occup Environ Med 2007; 64(11): 733-8.

Gerdes J, Kahol K, Smith M, Leyba MJ, Ferrara JJ. Jack Barney award: the effect of fatigue on cognitive and psychomotor skills of trauma residents and attending surgeons. Am J Surg 2008; 196(6): 813-9.

Grantcharov TP, Bardram L, Funch-Jensen P, Rosenberg J. Laparoscopic performance after one night on call in a surgical department: prospective study. BMJ 2001; 323(7323): 1222-3.

Gustafsson K, Lindfors P, Aronsson G, Lundberg U. Relationships between self-rating of recovery from work and morning salivary cortisol. J Occup Health 2008; 50(1): 24-30.

Hassan, I, Sitter H, Schlosser K, Zielke A, Rothmund M, Gerdes B. Laparoskopiesimulator Abbildung der manuellen Geschicklichkeit in der laparoskopischen Chirurgie. Chirurg 2005; 76(2): 151-6.



Herscovitch J, Broughton R. Sensitivity of the stanford sleepiness scale to the effects of cumulative partial sleep deprivation and recovery oversleeping. Sleep. 1981; 4(1): 83-91.

Hjortskov N, Garde AH, Ørbæk P, Hansen AM. Evaluation of salivary cortisol as a biomarker of self-reported mental stress in field studies. Stress and Health 2004; 20(2): 91-98.

Ikegami K, Ogyu S, Arakomo Y, Suzuki K, Mafune K, Hiro H, Nagata S. Recovery of cognitive performance and fatigue after one night of sleep deprivation. J Occup Health. 2009; 51(5): 412-22.

Jacob JA. ACGME Duty Hour Standards Now in Effect for All Residency Programs., July 1, 2003. [Online] Verfügbar unter: <http://www.acgme.org> [2010]

Jakubowicz DM, Price EM, Glassman HJ, Gallagher AJ, Mandava N, Ralph WP, Fried MP. Effects of a twenty-four hour call period on resident performance during simulated endoscopic sinus surgery in an accreditation council for graduate medical education-compliant training program. Laryngoscope 2005; 115(1): 143-6.

Jensen A, Milner R, Fisher C, Gaughan J, Rolandelli R, Grewal H. Short-term sleep deficits do not adversely affect acquisition of laparoscopic skills in a laboratory setting. Surg Endosc 2004; 18(6): 948-53.

Johnson AL, Brown K, Weaver MT. Sleep Deprivation and Psychomotor Performance Among Night-Shift Nurses. AAOHN J 2010;1-8.

Jones T, Goss S, Weeks B, Miura H, Bassandeh D, Cheek DJ. The Effects of High-Fidelity Simulation on Salivary Cortisol Levels in SRNA Students: A Pilot Study. ScientificWorldJournal 2011; 11: 86-92.

Kahol K, Leyba MJ, Deka M, Deka V, Mayes S, Smith M, Ferrara JJ, Panchanathan S. Effect of fatigue on psychomotor and cognitive skills. Am J Surg 2008; 195(2): 195-204.

Kahol K, Satava RM, Ferrara J, Smith ML. Effect of short-term pretrial practice on surgical proficiency in simulated environments: a randomized trial of the "preoperative warm-up" effect. J Am Coll Surg 2009; 208(2): 255-68.

Karanovic N, Carev M, Kardum G, Pecotic R, Valic M, Karanovic S, Ujevic A, Dogas Z. The impact of a single 24 h working day on cognitive and psychomotor performance in staff anaesthesiologists. Eur J Anaesthesiol 2009; 26(10): 825-32.

Kiernan M, Civetta J, Bartus C, Walsh S. 24 hours on-call and acute fatigue no longer worsen resident mood under the 80-hour work week regulations. Curr Surg. 2006; 63(3): 237-41.

Kopasz M, Loessl B, Valerius G, Koenig E, Matthaes N, Hornyak M, Kloepper C, Nissen C, Riemann D, Voderholzer U. No persisting effect of partial sleep curtailment on cognitive performance and declarative memory recall in adolescents. J Sleep Res 2010; 19: 71-9.

Landrigan CP, Rothschild JM, Cronin JW, Kaushal R, Burdick E, Katz JT, Lilly CM, Stone PH, Lockley SW, Bates DW, Czeisler CA. Effect of reducing interns' work hours on serious medical errors in intensive care units. N Engl J Med 2004; 351(18): 1838-48.

Larsson CA, Gullberg B, Rastam L, Lindblad U. Salivary cortisol differs with age and sex and shows inverse associations with WHR in Swedish women: a cross-sectional study. BMC Endocr Disord 2009; 9: 16.

Lehmann KS, Martus P, Little-Elk S, Maass H, Holmer C, Zurbuchen U, Bretthauer G, Buhr HJ, Ritz JP. Impact of sleep deprivation on medium-term psychomotor and cognitive performance of surgeons: prospective cross-over study with a virtual surgery simulator and psychometric tests. Surgery 2010; 147(2): 246-54.

Leff DR, Aggarwal R, Rana M, Nakhjavani B, Purkayastha S, Khullar V, Darzi AW. Laparoscopic skills suffer on the first shift of sequential night shifts: program directors beware and residents prepare. Ann Surg 2008; 247(3): 530-9.

Lockley SW, Cronin JW, Evans EE, Cade BE, Lee CJ, Landrigan CP, Rothschild JM, Katz JT, Lilly CM, Stone PH, Aeschbach D, Czeisler CA. Effect of reducing interns' weekly work hours on sleep and attentional failures. N Engl J Med 2004; 351(18): 1829-37.

Lockley SW, Barger LK, Ayas NT, Rothschild JM, Czeisler CA, Landrigan CP. Effects of health care provider work hours and sleep deprivation on safety and performance. Jt Comm J Qual Patient Saf 2007; 33(11 Suppl): 7-18.

Lowenstein, J. Where have all the giants gone? Reconciling medical education and the traditions of patient care with limitations on resident work hours. Perspect Biol Med 2003; 46: 273-82.

Lowenstein O, Feinberg R, Loewenfeld IE. Pupillary movements during acute and chronic fatigue. A new test for the objective evaluation of tiredness. Invest Ophthalmol Vis Sci 1963; 2: 138-57.

Ludtke H, Wilhelm B, Adler M, Schaeffel F, Wilhelm H. Mathematical procedures in data recording and processing of pupillary fatigue waves. Vision Res 1998; 38(19): 2889-96.

MacLean AW, Fekken GC, Saskin P, Knowles JB. Psychometric evaluation of the Stanford Sleepiness Scale. J Sleep Res 1992; 1(1): 35-39.

Malmberg B, Kecklund G, Karlson B, Persson R, Flisberg P, Ørbaek P. Sleep and recovery in physicians on night call: a longitudinal field study. BMC Health Serv Res. 2010; 10: 239.

Mengelkamp C, Jaeger RS. Self-estimates of attention performance. Psychology Science 2007; 49: 223-37.

Meyer TD, Blechert J. Are there attentional deficits in people putatively at risk for affective disorders? J Affect Disord 2005; 84(1): 63-72.

Morad Y, Lemberg H, Yofe N, Dagan Y. Pupillography as an objective indicator of fatigue. Curr Eye Res 2000; 21(1):535-42.

New York State Department of Health. NY Comp Codes R & Reg. Title 10 § 405.4 1989. Albany, NY:[Online] Verfügbar unter:  
[http://www.health.ny.gov/professionals/doctors/graduate\\_medical\\_education/other\\_related\\_information/405\\_4.htm](http://www.health.ny.gov/professionals/doctors/graduate_medical_education/other_related_information/405_4.htm) [02.09.12]

Niu SF, Chu H, Chen CH, Chung MH, Chang YS, Liao YM, Chou KR. A Comparison of the Effects of Fixed- and Rotating-Shift Schedules on Nursing Staff Attention Levels A Randomized Trial. Biol Res Nurs. 2013 Oct;15(4):443-50

Nozaki S, Tanaka M, Mizuno K, Ataka S, Mizuma H, Tahara T, Sugino T, Shirai T, Eguchi A, Okuyama K, Yoshida K, Kajimoto Y, Kuratsune H, Kajimoto O, Watanabe Y. Mental and physical fatigue-related biochemical alterations. Nutrition 2009; 25(1): 51-7.

Papp KK, Stoller EP, Sage P, Aikens JE, Owens J, Avidan A, Phillips B, Rosen R, Strohl KP. The effects of sleep loss and fatigue on resident-physicians: a multi-institutional, mixed-method study. Acad Med 2004;79(5): 394-406.

Pettitt BJ. Medical student concerns and fears before their third-year surgical clerkship. Am J Surg 2005; 189(4):492-6.

Philibert I. Sleep loss and performance in residents and nonphysicians: a meta-analytic examination. Sleep 2005; 28(11): 1392-402.

Philip P, Sagaspe P, Taillard J, Valtat C, Moore N, Akerstedt T, Charles A, Bioulac B. Fatigue, sleepiness, and performance in simulated versus real driving conditions. Sleep 2005; 28(12): 1511-6.

Pickersgill, T. The European working time directive for doctors in training. BMJ 2001; 323(7324): 1266.

Pilcher JJ, Huffcutt AI. Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. Sleep 1996; 19(4): 318-26.

Reimann M, Manz R, Prieur S, Reichmann H, Ziemssen T. Education research: cognitive performance is preserved in sleep-deprived neurology residents. Neurology. 2009; 73(21): e99-e103.

Robbins J, Gottlieb F. Sleep deprivation and cognitive testing in internal medicine house staff. West J Med 1990; 152(1): 82-6.

Roberts AD, Wessely S, Chalder T, Papadopoulos A, Cleare AJ. Salivary cortisol response to awakening in chronic fatigue syndrome. Br J Psychiatry 2004; 184: 136-41.

Rose M, Manser T, Ware JC. Effects of call on sleep and mood in internal medicine residents. Behav Sleep Med. 2008; 6(2): 75-88.

Schijven MP, Jakimowicz JJ, Broeders IA, Tseng LN. The Eindhoven laparoscopic cholecystectomy training course-improving operating room performance using virtual reality training: results from the first E.A.E.S. accredited virtual reality trainings curriculum. Surg Endosc 2005; 19(9): 1220-6.

Seymour NE, Gallagher AG, Roman SA, O'Brien MK, Bansal VK, Andersen DK, Satava RM. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. Ann Surg 2002; 236(4): 458-63.

Shine KI. Health care quality and how to achieve it. Acad Med 2002; 77(1): 91-9.

Steinbrook, R. The debate over residents' work hours. N Engl J Med 2002; 347(16): 1296-302.

Stone MD, Doyle J, Bosch RJ, Bothe A, Jr., Steele G, Jr. Effect of resident call status on ABSITE performance. American Board of Surgery In-Training Examination. Surgery 2000; 128(3): 465-71.

Taffinder NJ, McManus IC, Gul Y, Russell RC, Darzi A. Effect of sleep deprivation on surgeons' dexterity on laparoscopy simulator. Lancet 1998; 352(9135): 1191.

Tomasko JM, Pauli EM, Kunselman AR, Haluck RS. Sleep deprivation increases cognitive workload during simulated surgical tasks. Am J Surg. 2012; 203(1): 37-43.

United Kingdom Department of Health. Anonymous Working time (Amendment) Regulations 2003: implementation for doctors in training: derogation guidance. 2003; [Online] Verfügbar unter:  
<http://www.dh.gov.uk/PolicyAndGuidance/HumanResourcesAndTraining/WorkingDifferently/EuropeanWorkingTimeDirective> [April 2007]

Uchal M, Tjugum J, Martinsen E, Qiu X, Bergamaschi R. The impact of sleep deprivation on product quality and procedure effectiveness in a laparoscopic physical simulator: a randomized controlled trial. Am J Surg 2005; 189(6): 753-7.

Vangelova KK. Variations of cortisol, fatigue and sleep disturbances in sound engineers: effect of job task and fast backward-rotating shifts. Rev Environ Health 2008; 23(1): 83-9.

Veasey S, Rosen R, Barzansky B, Rosen I, Owens J. Sleep loss and fatigue in residency training: a reappraisal. JAMA 2002; 288(9): 1116-24.

Ware JC, Risser MR, Manser T, Karlson KH Jr. Medical resident driving simulator performance following a night on call. Behav Sleep Med 2006; 4(1): 1-12.

Wilhelm B, Wilhelm H. Die Pupille als Schlaf- Wach- Indikator. Z prakt Augenheilkd 1994; 15: 185-89.

Wilhelm B, Wilhelm H. Pupillenverhalten verrät Übermüdung. Z f Verkehrssicherheit 1995; 41: 116-118.

Wilhelm B, Wilhelm H, Lüdtke H, Adler M, Streicher P. Pupillographie zur objektiven Vigilanzprüfung- methodische Probleme und Lösungsansätze. Ophthalmologe 1996; 93(4): 446-50.

Wilhelm B, Wilhelm H, Ludtke H, Streicher P, Adler M. Pupillographic assessment of sleepiness in sleep-deprived healthy subjects. Sleep 1998; 21(3): 258-65.

Wilhelm B, Giedke H, Ludtke H, Bittner E, Hofmann A, Wilhelm H. Daytime variations in central nervous system activation measured by a pupillographic sleepiness test. J.Sleep Res 2001; 10(1): 1-7.

Wilhelm BJ. Pupillografie zur Messung von Fahrerschläfrigkeit. Klin Monbl Augenheilkd. 2008; 225(9): 791-8.

Wilhelm BJ, Widmann A, Durst W, Heine C, Otto G. Objective and quantitative analysis of daytime sleepiness in physicians after night duties. Int J Psychophysiol. 2009; 72(3): 307-13.

Wilhelm H, Ludtke H, Wilhelm B. Pupillographic sleepiness testing in hypersomniacs and normals. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 1998; 236(10): 725-9.

Woodrow SI, Park J, Murray BJ, Wang C, Bernstein M, Reznick RK, Hamstra SJ. Differences in the perceived impact of sleep deprivation among surgical and non-surgical residents. Med Educ 2008; 42(5): 459-67.

Yoss RE. The sleepy driver: a test to measure ability to maintain alertness. Mayo Clin Proc 1969; 44(11): 769-83.

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Aufbau des Laparoskopie-Simulators (LapSim ®).....	28
Abb. 2: Eine Ärztin bei der Durchführung von VR-Aufgaben an einem Simulator für virtuelle Realität (LapSim ®).....	28
Abb. 3: Basisaufgabe („low-fidelity“) „cutting“.....	29
Abb. 4: Basisaufgabe („low-fidelity“) „clip applying“.....	30
Abb. 5: Fortgeschrittene Aufgabe („high-fidelity“) „intracorporal suturing“.....	31
Abb. 6: Fortgeschrittene Aufgabe („high-fidelity“) „VR-cholecystectomy“.....	32
Abb. 7: Stimuli im D2-Test.....	34
Abb. 8: Cortisolgewinnung.....	38
Abb. 9: Schläfrigkeitsswellen am Beispiel einer schläfrigen Person.....	39
Abb. 10: Pupillogramm einer nicht schläfrigen Person.....	39
Abb. 11: Pupillograph.....	41
Abb. 12: Eine Probandin während der Messung des PUI mit dem Pupillographen.....	41
Abb. 13: Pupillographische Messung.....	42
Abb. 14: Fragebogen.....	44
Abb. 15: Schematische Darstellung des Studienverlaufes.....	46
Abb. 16: Beispiel eines Boxplots.....	50
Abb. 17: Gesamtgruppe - Schlafdauer.....	55
Abb. 18: Gesamtgruppe - Subjektive Schläfrigkeit.....	57
Abb. 19: Subgruppenanalyse – Schlafdauer.....	59
Abb. 20: Subgruppenanalyse – Subjektive Schläfrigkeit.....	60
Abb. 21: Arbeitspensum – Anzahl behandelter Patienten.....	62
Abb. 22: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal.....	62
Abb. 23: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal: Subgruppe 1.....	63
Abb. 24: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal: Subgruppe 2.....	64
Abb. 25: Arbeitspensum – Zeit im Operationssaal: Subgruppe 3.....	64
Abb. 26: Sportliche Aktivität in der Freizeit.....	65
Abb. 27: Gesamtgruppe - Cortisolspiegel im Speichel.....	66
Abb. 28: Subgruppenanalyse - Cortisolspiegel im Speichel.....	68
Abb. 29: Gesamtgruppe – Pupillenunruheindex (PUI).....	70
Abb. 30: Subgruppenanalyse – Pupillenunruheindex (PUI).....	72
Abb. 31: Gesamtgruppe D2-Test.....	75



Abb. 32: Subgruppenanalyse - D2-Test. ....	77
Abb. 33: Gesamtgruppe - „Clip Applying“ - Performance Score. ....	79
Abb. 34: Gesamtgruppe – „Clip Applying“ - Time to complete Task. ....	80
Abb. 35: Gesamtgruppe - „Cutting“ - Cutter Path Length. ....	82
Abb. 36: Subgruppenanalyse – „Clip Applying“ – Time to complete Task. ....	84
Abb. 37: Subgruppenanalyse – „Cutting“ – Performance Score. ....	87
Abb. 38: Subgruppenanalyse – „Cutting“ – Cutter Path Length. ....	88
Abb. 39: Gesamtgruppe – „Intracorporal Suturing“ – Right Instrument Path Length. ..	91
Abb. 40: Gesamtgruppe - “VR-Cholecystectomy” – Time to complete Task. ....	93
Abb. 41: Subgruppenanalyse – „Intracorporal Suturing - Left Instrument Path Length – Subgruppe 1. ....	95
Abb. 42: Subgruppenanalyse – „VR-Cholecystectomy“ – Subgruppe 3. ....	98

## 7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stanford Sleepiness Scale [SSS]. .....	36
Tabelle 2: Demographische Daten. ....	53
Tabelle 3: Cortisolkonzentration im Speichel. ....	69
Tabelle 4: Pupillenunruheindex (PUI).....	73
Tabelle 5: D2-Durchstreichtest - Gesamtgruppe. ....	74
Tabelle 6: Gesamtgruppe - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Clip Applying“.....	81
Tabelle 7: Gesamtgruppe - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Cutting“.....	83
Tabelle 8: Subgruppenanalyse - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Clip Applying“.....	85
Tabelle 9: Subgruppenanalyse - „Low-fidelity“-Aufgabe - „Cutting“.....	89
Tabelle 10: Gesamtgruppe - „High-fidelity“-Aufgabe - „Intracorporal Suturing“. ....	92
Tabelle 11: Gesamtgruppe - „High-fidelity“-Aufgabe - „VR-Cholecystectomy“. ....	94
Tabelle 12: Subgruppenanalyse - „High-fidelity“-Aufgabe - „Intracorporal Suturing“. ....	96
Tabelle 13: Subgruppenanalyse - „High-fidelity“-Aufgabe - „VR-Cholecystectomy“. ....	99

## 7.4 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACGME	Accreditation Council for Graduate Medical Education
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
EEG	Elektroencephalographie
ELISA	Enzyme-linked Immunosorbent Assay
ESS	Epworth Sleepiness Scale
evtl.	eventuell
GCP	Good Clinical Practice
ggf.	gegebenenfalls
GZF	Fehlerkorrigierte Gesamtzahl
h	Stunde
ICSAD	Imperial College Surgical Assessment Device
KL	Konzentrationsleistung
lap.	laparoskopisch
LapSim	Laparoskopischer Simulator
LKW	Lastkraftwagen
mind.	mindestens
MIST-VR	minimally invasive surgical trainer -virtual reality
o.g.	oben genannt
PJ	Praktisches Jahr
POD	Peroxidase
PST	Pupillographischer Schläfrigkeits Test
PUI	Pupillenunruheindex
SSS	Stanford Sleepiness Scale
VR	Virtuelle Realität
WMA	World Medical Association
z.B.	zum Beispiel
z.Z.	zur Zeit

## 8 Anhang

### 8.1 Teilnehmeraufklärung und Teilnehmerzustimmung

#### **Auswirkungen des nächtlichen Bereitschaftsdienstes in der Visceralchirurgie auf laparoskopische Fähigkeiten**

##### **Teilnehmeraufklärung**

Sehr geehrte Kollegin, sehr geehrter Kollege,

Zur Überprüfung der Auswirkungen des nächtlichen Bereitschaftsdienstes in der Chirurgie bitten wir Sie um die freiwillige Teilnahme an unserer Studie. Dazu möchten wir Sie zunächst über die Hintergründe informieren und Ihnen die Methoden unserer Untersuchung erklären.

Das Arbeitszeitgesetz begrenzt auch die tägliche Arbeitszeit der Ärzte. Zur Begründung der im Arbeitszeitgesetz für Ärzte vorgegebenen Begrenzung der täglichen Arbeitszeit, werden vor allem die Minderung des Konzentrationsvermögens mit steigender Dienstzeit, eine vermehrte Ermüdung und die damit verbundene Risikoquelle für mögliche Fehlentscheidungen in der Patientenversorgung angegeben. Der Bereitschaftsdienst in der Chirurgie und der damit verbundene Schlafentzug führen typischerweise zu erhöhter Tagesschläfrigkeit und konsekutiver Beeinträchtigung der psychomotorischen Fähigkeiten von Chirurgen. Dies hat Auswirkung auf die Sicherheit der Patienten. Die Arbeitsbedingungen in der Medizin sind z.Z. Gegenstand heftiger Diskussionen. Dieser Problematik soll im Rahmen unserer Untersuchungen mit objektiven Verfahren nachgegangen werden.

Eine neue Möglichkeit zur objektiven Einschätzung laparoskopischer Fähigkeiten stellen Laparoskopie-Simulatoren dar. Bei unseren Untersuchungen soll ein solcher verwendet werden, um herauszufinden, ob nach nächtlichem Bereitschaftsdienst mit einer Minderung der bestehenden laparoskopischen Fertigkeiten zu rechnen ist. Weiterhin soll die Aufmerksamkeit, als Maß für die Leistungsfähigkeit mittels des D2-Tests (Paper-Pencil-Test) bestimmt werden.

Die Werte werden dann mit subjektiven Testverfahren (Selbstbeurteilungsskalen: Stanford Sleepiness Scale) korreliert.

Die Cortisolkonzentration im Speichel lässt Rückschlüsse auf die Müdigkeit und Wachheit zu, weil der Cortisolspiegel einer zirkadianen Rhythmik unterliegt.

Daher bitten wir Sie, uns für unsere Untersuchungen eine Speichelprobe zur Verfügung zu stellen, aus welcher wir mittels ELISA den Cortisolspiegel bestimmen können. Wir erwarten, dass der Cortisolspiegel anstatt um 8 Uhr morgens sein Maximum zu erreichen nach dem Nachtdienst erniedrigt ist. Als zusätzliches Verfahren, soll die Pupillographie angewendet werden, welche mit Hilfe einer Videokamera mit Infrarotbeleuchtung, Ihre Pupille beobachtet und vorhandene Schläfrigkeitsswellen aufzeichnet.

Die Verfahren werden hintereinander durchgeführt und später miteinander korreliert.

Dies sieht wie folgt aus: bei Ihnen wird jeweils um 8 Uhr am Morgen vor dem Nachtdienst, nach dem Nachtdienst und am nächsten Morgen nach dem Erholungsschlaf, der natürliche Logarithmus des Pupillenunruheindex (PUI) als Parameter der Tagesschläfrigkeit mit dem Pupillographen (PST) bestimmt. Anschließend werden die psychologischen Testverfahren D2-Test und Stanford Sleepiness Scale durchgeführt. Abschließend bitten wir Sie uns eine Speichelprobe zur Verfügung zu stellen. Insgesamt beläuft sich die Untersuchungsdauer pro Untersuchungsgang auf etwa eine Stunde, wobei Sie vorher in die einzelnen Testverfahren eingeführt werden.

Die von Ihnen erhobenen Daten werden alle mit einer Identifikationsnummer versehen, die keinen Rückschluss auf Ihre Person beinhaltet. Die Daten werden anonym gespeichert und sind keinesfalls Dritten zugänglich. Nach Abschluss der Untersuchungen werden die Daten vernichtet.

Abschließend weisen wir Sie noch einmal ausdrücklich darauf hin, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig ist und Sie jederzeit von der Untersuchung zurücktreten können.

Dr. med I. Hassan

**Projektleiter**

Dr. med. K. Maschuw

**Prüfarzt**

## Auswirkungen des nächtlichen Bereitschaftsdienstes in der Visceralchirurgie auf laparoskopische Fähigkeiten

Teilnehmercode

### Teilnehmerzustimmung

Ich, ..... wurde von dem Prüfarzt ..... vollständig über Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Prüfung mit dem o.g. Titel aufgeklärt. Ich habe das beigefügte Blatt „Teilnehmeraufklärung“ aufmerksam gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen und habe die Antworten verstanden und akzeptiere sie.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden und weiß, dass ich meine Zustimmung zur Teilnahme jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen kann. Hierdurch werden für mich keine persönlichen Nachteile entstehen. Mit der anonymen Speicherung in verschlüsselter Form der während der Untersuchung erworbenen Daten bin ich einverstanden.

Ich habe eine Kopie der Teilnehmerinformation und dieser Einwilligungserklärung erhalten. Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser klinischen Studie.


Marburg, den .....200... \_\_\_\_\_

Unterschrift Proband

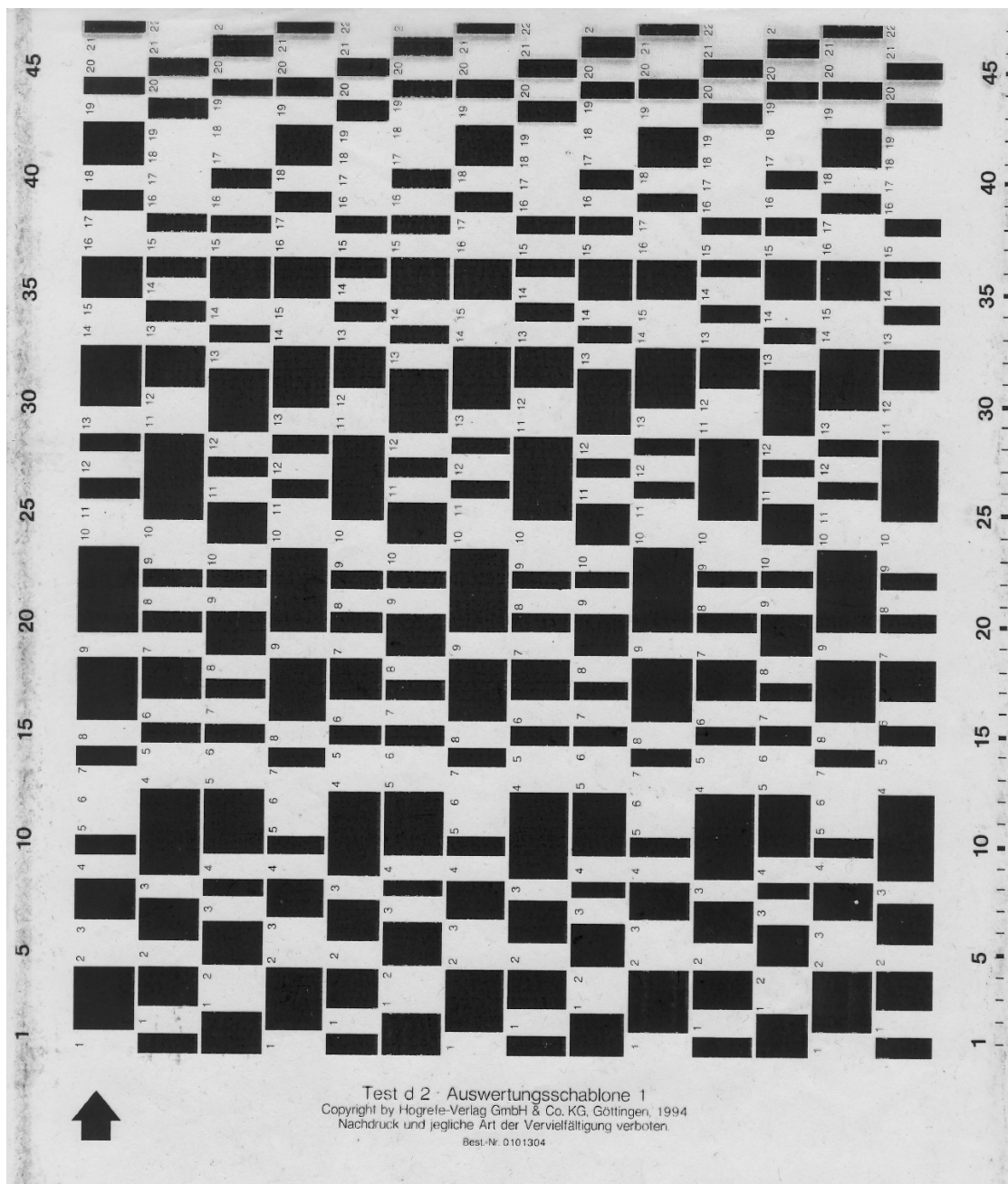
Marburg, den .....200... \_\_\_\_\_

Unterschrift Prüfarzt

## 8.2 D2-Durchstreichtest

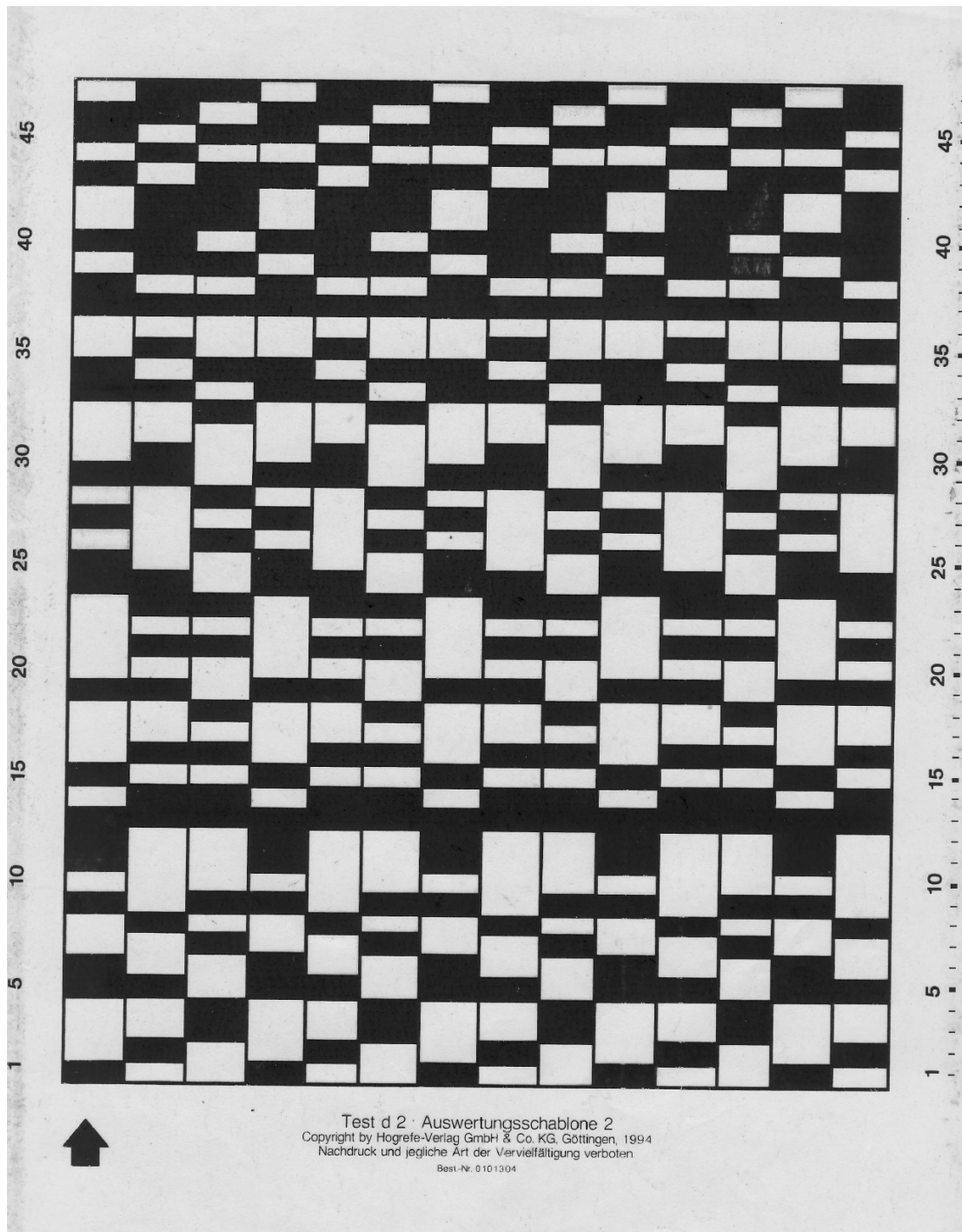
	GZ		F <sub>1</sub>   F <sub>2</sub>	
1. 	d d p d d p	d d p	d d p	d d p
2.	p d p p	d d p	d d p	d d p
3.	d d d p	d d p	d d p	d d p
4.	d d p d	d d p	d d p	d d p
5.	p d p p	d d p	d d p	d d p
6.	d d d p	d d p	d d p	d d p
7.	d d p d	d d p	d d p	d d p
8.	p d p p	d d p	d d p	d d p
9.	d d d p	d d p	d d p	d d p
10.	d d p d	d d p	d d p	d d p
11.	p d p p	d d p	d d p	d d p
12.	d d d p	d d p	d d p	d d p
13.	d d p d	d d p	d d p	d d p
14.	p d p p	d d p	d d p	d d p

### 8.3 D2-Durchstreichtest: Auswertungsschablone 1





## 8.4 D2-Durchstreichtest: Auswertungsschablone 2



## 8.5 Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen und Herren in Marburg:

Albert, Alter, Aumüller, Barth, Bauer, Baum, Boudriot, Cetin, Christiansen, Czubayko, Daut, Donner-Banzhoff, Eilers, Engenhardt-Cabillic, Fendrich, Feuser, Fuchs-Winkelmann, Gerdes, Görg, Gress, Grimm, Grzeschik, Gudermann, Hamer, Haselik, Hassan, Hermann-Lingen, Hertl, Hofmann, Jaques, Kann, Klose, Koolman, Krieg, Kroll, Lill, Liss, Löffler, Lohoff, Maisch, Mandic, Martin, Maschuw, Meyer, Moll, Moosdorf, Mueller, Mutters, Neubauer, Nimphius, Oertel, Opitz, Pagenstecher, Plant, Ramaswamy, Renz, Richter, Rise, Roeper, Rohm, Rothmund, Schäfer, Schlosser, Schmidt, Schnabel, Schneider, Schofer, Schrader, Seitz, Steiniger, Stempel, Suske, Vogelmeier, Voigt, Wagner, Weihe, Werner, Westermann, Wulf

## **8.6 Lebenslauf**

Der Lebenslauf enthält persönliche Daten und ist aus diesem Grund nicht Bestandteil der Veröffentlichung.

## 8.7 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Durchführung des Dissertationsprojektes unterstützt haben und dessen Umsetzung erst ermöglicht haben:

- Herrn Prof. Dr. med. Iyad Hassan für die Überlassung des interessanten Themas und die Bereitstellung der Arbeitsmöglichkeiten.
- Meiner Doktormutter Frau Prof Dr. med. Katja Schlosser für die Übernahme der Betreuung der Arbeit, ihre konstruktive Durchsicht der Dissertationsschrift und ihre moralische Unterstützung.
- Frau Dr. med. Katja Maschuw für die zuverlässige Betreuung und intensive Unterstützung während der experimentellen Phase im Labor.
- Herrn PD Dr. med. Ralph Schneider für die konstruktive Kritik und die allzeit passenden Worte zur Motivation.
- Herrn Dr. phil. Peter Weyers und Frau Antonia Post für die freundliche Beratung bei der statistischen Berechnung der Ergebnisse.
- Frau rer. nat. Annette Wunderlich für die wertvollen Tipps bei der Durchführung des ELISAs.
- Frau Dipl. chem. Elvira Przypadlo die bei technischen Schwierigkeiten immer einen Rat wusste und für die Organisation der perfekten Studienräumlichkeiten unverzichtbar war.
- Frau Manuela Schönerer für ihre Unterstützung beim Auffinden der vielbeschäftigten Studienteilnehmer in der Klinik.
- Allen Ärztinnen und Ärzten der Visceral-,Thorax- und Gefäßchirurgie sowie den Studenten im praktischen Jahr, die trotz Schlafmangels und alltäglichem Arbeitsstress stets gut gelaunt waren und sich als Teilnehmer an der Studie zur Verfügung gestellt haben.
- Herrn Prof. Dr. med. Matthias Rothmund für die finanzielle Unterstützung des Projektes, ohne die die Beschaffung der Messgeräte nicht möglich gewesen wäre.

Mein großer und herzlicher Dank gilt nicht zuletzt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern und meinem Bruder, sowie meinen Freunden, die mich während der gesamten Ausbildung und auf dem langen und teils steinigen Weg zur Promotion unterstützt haben, immer an mich geglaubt haben und mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

## 8.8 Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel „**Müdigkeit nach Bereitschaftsdienst – subjektive Wahrnehmung oder objektives Faktum?**“ in der Klinik für Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie unter Leitung von Prof. Dr. med. Detlef K. Bartsch mit Unterstützung durch Frau Prof. Dr. med. Katja Schlosser, Herrn Prof. Dr. med. Iyad Hassan, Frau Dr. med. Katja Maschuw und Herrn PD Dr. med. Ralph Schneider, sowie Herrn Dr. phil. Peter Weyers ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Ich habe bisher an keinem in- oder ausländischen Medizinischen Fachbereich ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht, noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Vorliegende Arbeit wurde in folgenden Publikationsorganen veröffentlicht:

Schlosser K, Maschuw K, **Kupietz E**, Weyers P, Schneider R, Rothmund M, Hassan I, Bartsch DK

„Call associated acute fatigue in surgical residents – subjective perception or objective fact? A cross sectional observational study to examine the influence of fatigue on surgical performance.“

World J Surg. 2012 Oct;36(10):2276-87

Solothurn, 03.11.2014

---

Eva Anna Kupietz